



**FACULTAD DE POSTGRADO
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**FACTIBILIDAD DE AUTOGENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES EN
EDIFICIOS DE SUPERMERCADOS**

**SUSTENTADO POR:
HERMES GERARDO TORRES SALGUERO
JOSIAS JOSÉ CASTILLO RECINOS**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN GESTIÓN DE ENERGÍA
RENOVABLE**

**SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.
NOVIEMBRE 2021**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

DIRECTORA UNITEC CAMPUS S.P.S

MARIA ROXANA ESPINAL

DIRECTORA NACIONAL DE POSTGRADO

ANA DEL CARMEN RETTALLY

**FACTIBILIDAD DE AUTOGENERACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA CON PANELES SOLARES EN
EDIFICIOS DE SUPERMERCADOS**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE**

**ASESOR METODOLÓGICO
JOSÉ RODOLFO SORTO BUESO**

**ASESOR TEMÁTICO
FABIO DIONICIO PONCE LAGOS**

**MIEMBROS DE LA TERNA
JAVIER GUTIERREZ
JUAN ANGEL HERNÁNDEZ
MARIO RUBÉN ZELAYA**

DERECHOS DE AUTOR

© Copyright 2021

HERMES GERARDO TORRES SALGUERO

JOSIAS JOSE CASTILLO RECINOS

Todos los derechos son reservados.



FACULTAD DE POSTGRADO

FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES SOLARES EN EDIFICIOS DE SUPERMERCADOS

NOMBRE DE LOS MAESTRANTES

HERMES GERARDO TORRES SALGUERO

JOSIAS JOSE CASTILLO RECINOS

Resumen

El presente proyecto tiene como propósito lograr un ahorro energético de al menos un 25% en el pago de la factura eléctrica mensual para dos supermercados ubicados en San Pedro Sula y Tegucigalpa respectivamente. La investigación se desarrolla con el objetivo de mostrar la factibilidad técnica y económica de una granja solar para autogeneración de energía con paneles solares fotovoltaicos que permita sustituir energía comprada al estado. Con el uso de la metodología de evaluación de proyectos del autor Gabriel Baca Urbina como teoría de sustento, se realizó una investigación con enfoque cuantitativo, no experimental, transeccional y descriptivo. Se determinó que el proyecto es técnica y económicamente factible, con una VAN > 0 y PRI menor a 5 años y permitiría ahorrar hasta un 25% para el supermercado A con 60kWp y 29% para el supermercado B con 80kWp realizando mínimas o ninguna inyección a la red estatal. Se recomienda instalar una granja solar con mayor capacidad de generación, ya que solo con un 25% como dicta la política interna del propietario de supermercados, se desperdicia un gran potencial de generación, que genera mayores ahorros a pesar de la energía que se inyecta a la red.

Palabras clave: ahorro energético, autogeneración de energía con paneles solares, factibilidad técnica y económica y supermercados.



POSTGRADUATE FACULTY
TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF SOLAR PANELS
IMPLEMENTATION ON SUPERMARKETS BUILDINGS

HERMES GERARDO TORRES SALGUERO

JOSIAS JOSE CASTILLO RECINOS

Abstract

The purpose of this project is to achieve energy savings of at least 25% in the payment of the monthly electricity bill for two supermarkets located in San Pedro Sula and Tegucigalpa respectively. This investigation is developed with the aim of showing the technical and economic feasibility of a solar farm for self-generation of energy with photovoltaic solar panels that allows to substitute energy purchased from the state. Using project evaluation methodology of the author Gabriel Baca Urbina as support theory, an investigation was carried out with a quantitative, non-experimental, transectional and descriptive approach. It was determined that the project is technically and economically feasible, with an $NPV > 0$ and PP less than 5 years and would allow savings of up to 25% for supermarket A with 60kWp and 29% for supermarket B with 80kWp making minimal or no injection to the state network. It is recommended to install a solar farm with greater generation capacity, since 25% only as dictated by the internal policy of the supermarket owner, a great generation potential is wasted, which generates greater savings despite the energy that is injected into network.

Keywords: energy saving, self-generation of energy with solar panels, technical and economic feasibility and supermarkets.

DEDICATORIA

A Dios, que tiene el primado en todo, a mi esposa por su apoyo incondicional en cada paso de este proceso y a mis padres que son mi mejor ejemplo de vida.

Hermes Gerardo Torres

A Dios, que da la inteligencia y la fortaleza para superarnos en la vida. A mis padres, que gracias a su esfuerzo y sacrificio he llegado hasta aquí.

Josías Castillo Recinos

AGRADECIMIENTO

Al MSc. Fabio Dionicio Ponce por su invaluable colaboración, asesoramiento y dirección durante todo el proceso de este estudio.

A la empresa Control y Sostenibilidad S.A. que por de medio del Ing. Nery Oswaldo Mejía nos facilitó acceso a la estructura, información y recursos claves para la realización de este proyecto.

ÍNDICE

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes del problema	2
1.3 Planteamiento del problema.....	6
1.3.1 Enunciado del problema	6
1.3.2 Formulación del problema	7
1.3.3 Preguntas de investigación	8
1.4 Objetivos del proyecto	9
1.4.1 Objetivo general	9
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
1.5 Justificación.....	10
CAPÍTULO II MARCO TEORICO.....	12
2.1 Análisis de situación actual	12
2.1.1 Macroentorno	12
2.1.1.1 Ahorro energético	12
2.1.1.2 Autogeneración con paneles solares	14
2.1.1.3 Supermercados	17
2.1.2 Microentorno	19
2.1.2.1 Ahorro energético	19
2.1.2.2 Autogeneración con paneles solares	20
2.1.2.3 Supermercados	21
2.1.3 Análisis Local	22
2.1.3.1 Ahorro energético	22
2.1.3.2 Autogeneración con paneles solares	24
2.1.3.3 Supermercados	27
2.1.4 Análisis Interno	28

2.1.4.1	Ahorro energético	28
2.1.4.2	Supermercados	32
2.2	Teorías de Sustento	34
2.2.1	Ahorro energético	35
2.2.1.1	Definición del ahorro energético	35
2.2.1.2	Variables y Dimensiones del ahorro energético	35
2.2.1.2.1	Ingresos	35
2.2.1.2.2	Gastos.....	35
2.2.1.2.3	Utilidad	36
2.2.1.3	Modelado de ahorro energético	36
2.2.1.4	Medición y evaluación de ahorro energético.	37
2.2.2	Factibilidad técnica y económica	38
2.2.2.1	Definición de factibilidad técnica y económica.....	38
2.2.2.2	Variables y Dimensiones de Factibilidad técnica y financiera.	40
2.2.2.3	Modelado del estudio de factibilidad técnico y económico.....	43
2.2.2.4	Mediciones y evaluación de la factibilidad técnica y económica.	44
2.2.3	Autogeneración de energía con paneles solares	46
2.2.3.1	Definición de autoproducción de energía con paneles solares	46
2.2.3.2	Variables y Dimensiones de la autogeneración de energía con paneles solares	46
2.2.3.3	Modelado de autogeneración con paneles solares	47
2.2.3.4	Medición y evaluación de autogeneración de energía con paneles solares	50
2.2.4	Supermercados	50
2.2.4.1	Definición	50
2.2.4.2	Variables y dimensiones de los supermercados.....	51
2.2.4.3	Modelado de supermercados.....	51
2.3	Conceptualización	54
2.3.1	VAN	54
2.3.1.1	Flujo de caja.....	55
2.3.1.2	TIR	55
2.3.1.3	Índice de rentabilidad.....	56

2.3.1 Ingresos.....	57
2.3.1.1 Ahorro	57
2.3.2 Gastos.	57
2.3.2.1 Impuestos.	58
2.3.2.2. Inflación.	58
2.3.4. Utilidad	58
2.3.4.1. Utilidades Retenidas	59
2.3.5 Costos.	59
2.3.6. Potencia Instalada	59
2.3.6.1 Área de paneles	60
2.2.6.2. Configuración de granja solar	60
2.3.6.4. Kilowatts necesarios para punto de equilibrio	60
2.3.7. Demanda energética	61
2.3.4.1. Tarifa eléctrica	62
2.3.7.2 Consumo de energía.....	63
2.3.7.3 Eficiencia Energética:	64
2.3.8. Equipos	64
2.3.8.1 Tipos de paneles.....	66
2.3.8.2. Marcas de paneles solares	66
2.3.8.3 Equipo complementarios	67
2.3.9. Inversión Inicial	67
2.3.10. Depreciación	68
2.3.11. Amortización	68
2.3.12. Precio	69
2.3.13 Área.	69
2.3.13.1 Área de techo disponible.....	69
2.3.13.2 Orientación.....	71
2.3.13.3 Inclinación.....	71
2.3.14 Localización.....	73
2.2.14.1. Condiciones climatológicas supermercado A.	73
2.3.14.2. Condiciones climatológicas supermercado B.	74

2.3.14.3. Irradiancia	75
2.3.15. Devaluación	77
2.3.16. Tasa de descuento.	77
2.4. Instrumentos para medición	78
2.4.1. Instrumentos del estudio técnico	78
2.4.1.1. Demanda de energía.....	78
2.4.1.2. Potencia instalada.....	79
2.4.1.3 Equipos.....	79
2.4.1.4. Localización.....	80
2.4.1.4 Función monótona.....	80
2.4.2. Estudio económico.	80
2.5 Marco Legal	81
2.5.1 Ley general de la industria eléctrica.	81
2.5.1.1 Reforma a la ley general de la industria eléctrica	82
2.5.2. Permisos de estudios.....	82
2.5.3. Medición bidireccional.....	83
2.5.4. Inyección a la red	83
2.5.5. Incentivos a la generación con recursos renovables	84
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	86
3.1. Congruencia metodológica.....	86
3.1.1. Definición operacional de las variables.....	87
3.1.2 Hipótesis	91
3.2 Enfoques y métodos.	91
3.2.1 Enfoque.....	91
3.2.2 Método de la investigación.....	92
3.3. Diseño de la investigación	93
3.4 Actividades.....	94
3.5 Técnicas e instrumentos aplicados	94
3.5.1 Fluke 434 II	94

3.5.2 Google Earth.....	95
3.5.3 PV Watts.....	96
3.5.5. Base de datos COYSOSA	96
3.5.6 Software de selección de equipos de Canadian solar.	96
3.5.7 Estudio económico	97
3.6. Fuentes de información	97
3.6.1. Fuentes primarias.	97
3.6.1.1 Control y Sostenibilidad S.A. (COYSOSA).....	98
3.6.2. Fuentes secundarias.	100
3.7 Limitantes del estudio.	101
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	102
4.1 Descripción del proyecto.....	102
4.2 Factores críticos de riesgo.....	104
4.3 Estudio de producción y operaciones.....	105
4.3.1 Recopilación de datos y situación actual	105
4.3.2 Dimensionamiento de granja solar.....	111
4.3.3. Estimación de generación eléctrica de la granja solar Supermercado A.....	114
4.4. Planificación de las instalaciones.....	117
4.5 Estudio Financiero.....	117
4.5.1 Inversión Inicial.....	117
4.5.1.1 Presupuesto base de granja solar supermercado A	118
4.5.1.2 Presupuesto base de granja solar supermercado B.....	119
4.5.2 Costos operativos.....	119
4.5.3 Flujos de caja	121
4.5 Impacto Ambiental.....	123
4.5.1 Toneladas de CO2	123
4.5.2 Matriz de Leopold.....	124
4.6 Comprobación de hipótesis.....	126

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES127

5.1 Conclusiones 127

5.2 Recomendaciones..... 128

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD130

6.1 Nombre de la propuesta..... 130

6.2 Justificación de la propuesta 130

6.3 Alcance de la propuesta..... 131

6.4 Descripción y desarrollo a detalle de la propuesta..... 131

6.4.1. Descripción de proyectos de autogeneración..... 131

6.4.1.1. Proyecto de autogeneración supermercado A 132

6.4.1.2. Proyecto de autogeneración supermercado B..... 132

6.4.1.3. Descripción de proceso de instalación..... 132

6.4.3 Desarrollo de proyecto de autogeneración con paneles solares..... 133

6.4.3.1 Medición y dimensionamiento de granja solar. 133

6.4.3.2. Gestión de permisos con ENEE y EEH 133

6.4.3.3 Proceso de cotización, compra e importación de equipos 134

6.4.3.4 Instalación de soportes y estructura de paneles solares 135

6.4.3.5. Instalación de paneles solares 135

6.4.3.6. Conexiones eléctricas e instalación de equipos 135

6.4.3.7. Comisionamiento y puesta en marcha 135

6.5 Cronograma de ejecución proyecto de autogeneración..... 136

Continuación Cronograma de ejecución proyecto de autogeneración 137

6.6 Presupuesto..... 137

6.6.1 Supermercado A 137

6.6.2 Supermercado B 138

6.6.3 Presupuesto consolidado..... 139

6.7. Tabla de concordancia..... 141

BIBLIOGRAFÍA.....	142
ANEXO I.....	152
ANEXO II.....	157
ANEXO III.....	159
ANEXO IV.....	161
ANEXO V.....	164
ANEXO VI.....	166
ANEXO VII.....	167
ANEXO VIII.....	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tarifa de media tensión Honduras. 2016-2021	3
Figura 2 Consumos mensuales de energía eléctrica en ambos supermercados	4
Figura 3 Brecha de demanda de energía de supermercado San Pedro Sula	7
Figura 4. Porcentaje de reducción de energía a nivel mundial	13
Figura 5. Reducción de importación de petróleo	14
Figura 6. Granja solar plana de Apple Cupertino, California	16
Figura 7 Precio mundial de paneles solares	17
Figura 8. 7-Eleven alrededor del mundo.....	18
Figura 9. Porcentaje de variación de energía por rubro en C.A.....	20
Figura 10. Consumo eléctrico en el sector comercial	23
Figura 11. Etiqueta de eficiencia en aparatos eléctricos	24
Figura 12. Potencia instalada por fuente de generación	25
Figura 13. Generación de energía en Honduras por fuente	25
Figura 14 Energía consumida por auto productores	26
Figura 15. Paneles Solares en supermercado La Colonia	28
Figura 16 Demanda de energía del 2019 al 2021 de supermercados A y B	32
Figura 17 Partes del estudio técnico	39
Figura 18 Diagrama básico de un sistema de generación solar conectado a la red eléctrica.....	47
Figura 19 Esquema de un generador fotovoltaico	48
Figura 20 Inversores SMA Sunny en instalación fotovoltaica a nivel de piso	48
Figura 21 Curva característica de protecciones en sistemas eléctricos.....	49
Figura 22 Mapa de potencial de generación solar en Honduras	50
Figura 23 Distribución típica en área de servicio en supermercado	52
Figura 24 Distribución de muebles de autoservicio de lácteos, bebidas y verduras.....	53
Figura 25 Vista lateral de unidad tipo paquete con ducto tipo hexágono.....	53
Figura 26 Conceptualización de variables	54
Figura 27 Grafica de punto de equilibrio.....	61
Figura 28 Circuito del panel solar.....	64
Figura 29 Panel solar fotovoltaico	65

Figura 30 Dimensiones de panel fotovoltaico	70
Figura 31 Ángulo de Azimut	71
Figura 32 Ángulo de elevación y orientación de paneles.	72
Figura 33 Curva característica de radiación solar 6am a 6pm	72
Figura 34 Clima San Pedro Sula durante el año	74
Figura 35 Condiciones del cielo en San Pedro Sula durante el año.....	75
Figura 36 Diagrama de las variables técnicas.....	87
Figura 37 Variables económicas.....	88
Figura 38 Enfoque y método de la investigación.....	92
Figura 39 Analizador de redes eléctricas	95
Figura 40. Área de techo disponible en Supermercado A, Tegucigalpa.....	103
Figura 41. Área de techo disponible en Supermercado B, San Pedro Sula.	104
Figura 42 Pagos por consumo eléctrico 2020-2021.....	107
Figura 43 Demanda de energía diaria, 9 de marzo 2021	109
Figura 44 Demanda de energía Supermercado B, 9 de marzo 2021	111
Figura 45 Regresión monotónica demanda de energía supermercado A, marzo 2021.....	112
Figura 46 Regresión monotónica demanda de energía supermercado B, marzo 2021	113
Figura 47. Generación solar de energía supermercado A.....	115
Figura 48. Generación solar de energía supermercado B	116
Figura 49 Cronograma de actividades del proyecto	117
Figura 50 Rack de compresores Hillphoenix.....	152
Figura 51 Mueble refrigerado para bebidas	152
Figura 52 Isla de productos refrigerados	153
Figura 53 Cuarto frío refrigerado.....	153
Figura 54 Luminaria LED en Supermercado.....	154
Figura 55 Unidad autocontenida para congelados	154
Figura 56 Vitrina refrigerada en carnicería.....	155
Figura 57 Unidad A/C tipo paquete	155
Figura 58 Unidad mini split marca Lennox de una tonelada de refrigeración.....	156
Figura 59 Plano de granja solar en supermercado A	164
Figura 60 Plano de granja solar en supermercado B.....	165

Figura 61 Toneladas equivalentes de CO2 no emitidas a la atmosfera supermercado A.	166
Figura 62 Toneladas equivalentes de CO2 no emitidas a la atmósfera por Supermercado B. ...	166
Figura 63 Carta de autorización de empresa para realización del estudio por Control y Sostenibilidad S.A.....	167
Figura 64 Carta de aceptación de asesor temático Ing. Fabio Dionicio Ponce.....	168

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 7-Eleven al rededor del mundo.....	18
Tabla 2. Variación de porcentaje de energía por pandemia COVID-19 en C.A.	19
Tabla 3. Cantidad de tiendas por cadena en Honduras 2021	27
Tabla 4 Actividades en auditoría energética de supermercados	29
Tabla 5 Actividades en auditoría energética de supermercados	30
Tabla 6. Porcentaje de consumo por sistema.....	34
Tabla 7 Tarifa eléctrica primer trimestre 2021	63
Tabla 8 Especificaciones.....	65
Tabla 9 Principales marcas de paneles solares a nivel mundial.....	66
Tabla 10 Matriz metodológica	86
Tabla 11 Operacionalización de variables	89
Tabla 12. Actividades	94
Tabla 13 Cantidad de paneles y área a utilizar supermercado A	102
Tabla 14 Cantidad de paneles y área a utilizar en supermercado B.....	103
Tabla 15 Histórico de demanda de energía supermercados 2020-2021	106
Tabla 16 Demanda de energía supermercado A, 9 de marzo 2021.	108
Tabla 17 Demanda de energía diaria Supermercado B, 9 de marzo 2021	110
Tabla 18. Generación estimada Supermercado A.....	114
Tabla 19. Generación estimada Supermercado B	115
Tabla 20. Costos supermercado A	118
Tabla 21. Costos Supermercado B	119
Tabla 22. costos de mantenimiento anual Supermercado A	120
Tabla 23. Tabla 23 Costos de mantenimiento anual Supermercado B	120
Tabla 24. Flujos de caja A	121
Tabla 25. Flujos de caja B.....	122
Tabla 26. Matriz de Leopold.....	124
Tabla 27 Personal asignado a proyecto de instalaciones en Supermercado A y B.....	133
Tabla 28 Presupuesto de Implementación	138
Tabla 29 Presupuesto de Implementación B.....	139

Tabla 30 Presupuesto Supermercado A y B	139
Tabla 31 Tabla de concordancia	141
Tabla 32 Ficha de costo cableado y conexiones supermercado A.....	157
Tabla 33 Ficha de costo cableado y conexiones supermercado B	157
Tabla 34 Ficha de costo unitario soportes de panel solar.	158
Tabla 35 Calculo de producción de energía anual supermercado A según software PVWatts ..	159
Tabla 36 Calculo de producción de energía anual supermercado B según software PVWatts. .	160
Tabla 37. Especificaciones técnicas inversor CSI-60TL-GS para el supermercado A.....	161
Tabla 38 Especificaciones técnicas de inversor 80 KW, Supermercado B.	162
Tabla 39 Hoja técnica de panel solar Canadian solar 450MS de 450 W	163

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Parte fundamental donde se debe explicar con absoluta claridad la estructura del documento, antecedentes que fundamentan el estudio, su origen, magnitud e importancia teórica y práctica, la actualidad del tema y definiendo bien el problema planteado. (UNITEC, 2015, p. 26)

1.1 Introducción

El sector comercial de Honduras representa aproximadamente el 30% de la demanda de energía del país. Es en este sector donde se ubican los supermercados, con un alto consumo de energía debido al uso de equipos electromecánicos instalados, horarios de operación extendidos, requerimientos especiales para preservación de productos y cumplimiento de expectativas de los clientes que son cada vez más exigentes. Por ello los supermercados, que por lo general cuentan con grandes áreas de techos y estacionamientos, tienen un gran potencial de autogeneración de energía con paneles fotovoltaicos. De esta forma pueden lograr ahorros en el pago de la factura energética que repercute en reducción de costos operativos y estos, pueden transferirse al consumidor final con rebajas en los precios de productos de su consumo.

Se analizará la demanda de energía de dos supermercados ubicados en Honduras, con un área de construcción promedio de 5,000 mts² de construcción para determinar el potencial de autoproducción de energía en un proyecto con paneles solares fotovoltaicos. Se utiliza como herramienta de investigación la información recopilada desde 2018 por la empresa Control y Sostenibilidad S.A. y apoyada por mediciones actuales utilizando un equipo analizador de redes eléctricas en un período puntual de una semana del mes de junio en los supermercados A y B (llamados así en todo este informe ya que el estudio no cuenta con autorización para mostrar sus

nombres reales) durante operación normal. Este estudio tendrá una duración de seis meses, comenzando a mediados del mes de junio de 2021.

Este estudio se hace para evaluar la factibilidad de la implementación de paneles solares y la autogeneración de energía, logrando ahorros con el no pago de energía eléctrica, este es el motivo principal de implementación de este proyecto y dado que Honduras se encuentra entre los 148 países con mejor potencial de generación solar, la implementación de este proyecto representará un ahorro de un 25% en no pago en energía eléctrica, esta reducción en costos operativos ayuda a ofrecer precios más competitivos, aumentar ventas, por ende incrementar las utilidades. Para edificios de supermercados con más de 5,000 metros cuadrados el consumo de energía supera los 100,000 KWh mensuales, teniendo en cuenta la tarifa de media tensión junio 2021 el ahorro de energía sería cercano a los L. 70,000.

1.2 Antecedentes del problema

La empresa Control y Sostenibilidad es proveedor de sistemas electromecánicos para clientes de diferentes rubros, entre ellos supermercados. Desde los inicios de la empresa, los departamentos eléctricos y mecánicos han sido los principales referentes de Control y Sostenibilidad. Recientemente se ha incursionado en el ámbito de la autoproducción de energía con paneles solares, instalando proyectos en oficinas, gimnasios y residencias, sin embargo, hasta la fecha no se ha implementado ningún proyecto de paneles solares en supermercados.

Se cuenta con el respaldo técnico de Canadian Solar como proveedor de paneles solares y equipos complementarios para sistemas de autogeneración en el diseño e implementación de granjas solares.

Aun y cuando la matriz energética de Honduras no depende únicamente de combustibles fósiles, las proyecciones señalan que seguirá incrementando en los años siguientes. La figura 1 a continuación muestra el valor de la factura eléctrica en Honduras ha sufrido incrementos constantes año con año a excepción del 2020 consecuencia de la pandemia Covid-19 que ha golpeado al mundo entero.

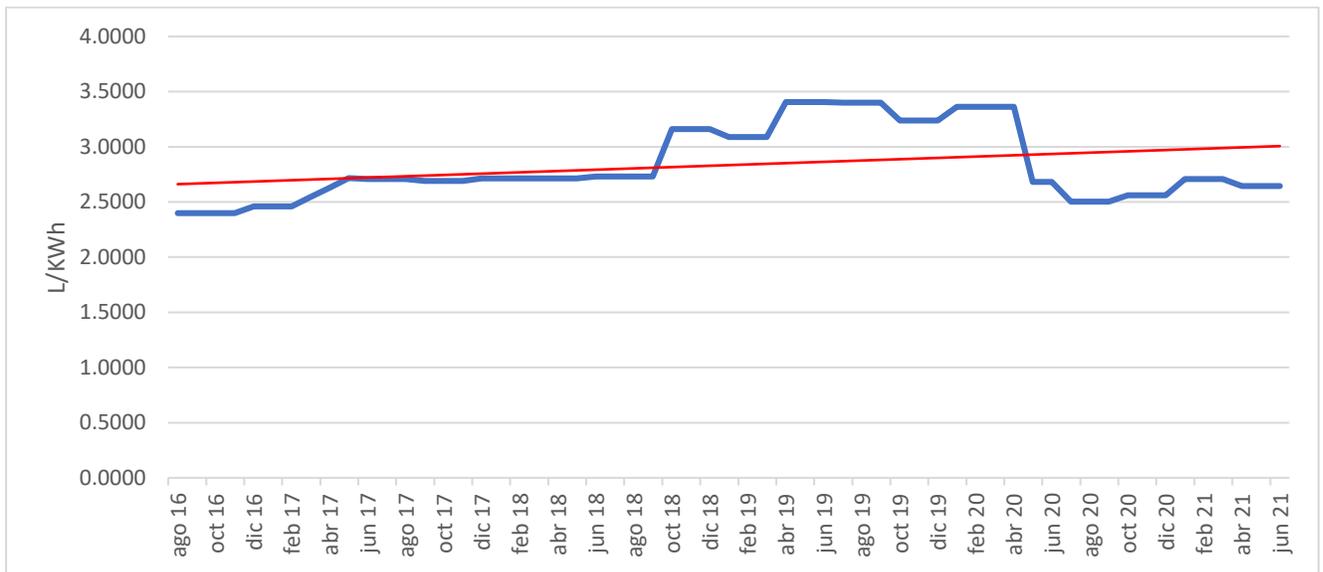


Figura 1. Tarifa de media tensión Honduras. 2016-2021

Fuente: Elaborada con datos de (COYSOSA, 2021b, p. 1)

El supermercado A y Supermercado B de los cuales se analiza el consumo eléctrico en este estudio, han presentado consumos altos de energía incluso en 2020. Los sistemas electromecánicos que mayor demanda representan son la refrigeración, que es un sistema funcional veinticuatro horas al día para preservación de productos perecederos; y el aire acondicionado se encuentra en el segundo lugar debido a las grandes áreas a climatizar en los supermercados. El consumo promedio mensual de energía eléctrica en los supermercados que se analizaron en este estudio son:

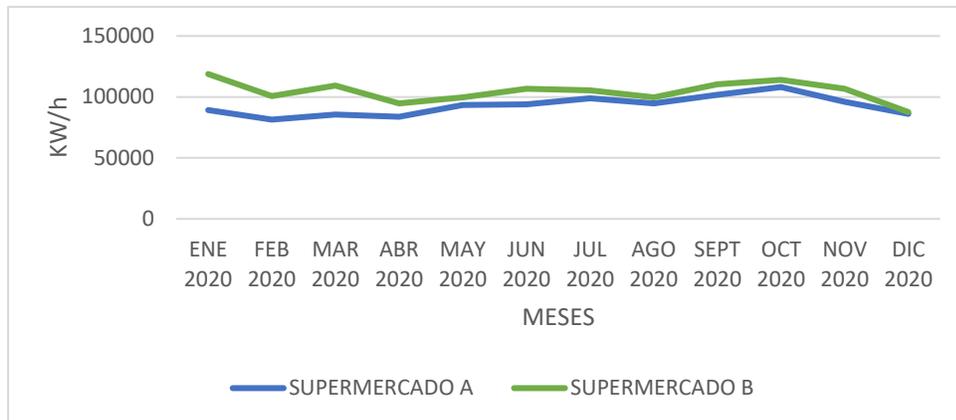


Figura 2 Consumos mensuales de energía eléctrica en ambos supermercados

Fuente: Elaborada con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 1).

Esto presenta una oportunidad para estudiar la factibilidad de ofertar a un supermercado un proyecto de autoproducción de energía que le permita ahorrar aproximadamente un 25% del total de consumo en su tarifa eléctrica mensual. Considerando que el precio de los paneles solares ha venido a la baja y se proyecta que seguirá descendiendo; la oportunidad que presenta la energía solar fotovoltaica es bastante atractiva para los inversionistas, para obtener ahorros en el no pago de energía eléctrica, reduciendo así sus costos operativos.

García de Fonseca et al. (2019) asegura:

Los costos de los paneles solares se han decrementado en los últimos años y se espera que continúen a la baja. Estudios muestran que, en una década, México será el líder en cuanto a costos relacionados con energía fotovoltaica. Los costos alcanzarán valores de \$ 0.5/W en países con México y \$ 0.67 en Argentina para el 2030. La mayoría de los mercados han roto la barrera de \$1.00 por vatio. (p. 220).

Estos datos muestran que, en el pasado, en la actualidad y en el futuro, la energía solar fotovoltaica se mantiene como una buena opción. Los materiales utilizados para la fabricación de

estos paneles solares son abundantes de costo bajo como el silicio que es el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre.

Tesis de proyectos similares han mostrado la oportunidad que representa la energía solar fotovoltaica y la viabilidad que esta tiene en nuestro país.

Se realizó la investigación para ahorrar 10% de energía eléctrica en el Aeropuerto Villeda Morales, con un proyecto de 235 paneles de 300watts. Mostrando resultados viables con una TIR de 11% y una inversión recuperada en 10 años. (Carías Ayala & Munguía Márquez, 2016).

Aun y cuando en este proyecto los costos eran considerablemente elevados respecto a los precios de mercado actual y la importación de los paneles solares no estaba garantizada, se concluyó que el proyecto fue rentable y técnicamente factible; lo que demuestra lo bondadoso que es Honduras para el aprovechamiento de la energía solar por su ubicación geográfica en el cinturón solar.

En un estudio realizado en un edificio de supermercado en el Municipio de La Plata, Colombia se plantea la posibilidad ahorrar un 30% en no pago de factura eléctrica con los ahorros producidos por la autogeneración de energía por paneles solares y se abordan distintos escenarios desde el punto de vista de la legislación de ese país, que considera una serie de beneficios económicos para incentivar la instalación de sistemas de autogeneración. Con una TIR superior al 19% y alcanzando la meta de ahorro del 30% de la demanda de energía de la red eléctrica nacional, nos permite esperar resultados similares en nuestro estudio ya que las condiciones de operación de los supermercados son bastante rutinarias como para considerar que presentan curvas de demanda parecidas, además, el nivel de irradiancia de Colombia y Honduras está delimitada por el mismo rango quedando dentro del cinturón solar. (Correa & Pérez, 2020)

En un informe de tesis sobre el estudio de viabilidad económica de la autoproducción fotovoltaica en diferentes zonas geográficas y tipos de vivienda en España, se obtuvieron resultados favorables en cuanto a la facilidad de producción de energía solar de acuerdo con la irradiancia recibida. Se comprobó que la autoproducción fotovoltaica sin sistema de almacenamiento y sin vender los excedentes a la red nacional, no es rentable. Esto aplica en España cuando hay excedentes de producción respecto a la demanda en instalaciones residenciales.

Se concluyo que el proceso de legalización que es lo suficientemente farragoso y costoso no impulsa que haya un mayor número de auto consumidores y el desarrollo de la generación distribuida. (Molina, 2017).

1.3 Planteamiento del problema

Es la base de todo estudio o proyecto de investigación pues aquí se define la estructura central de la misma.

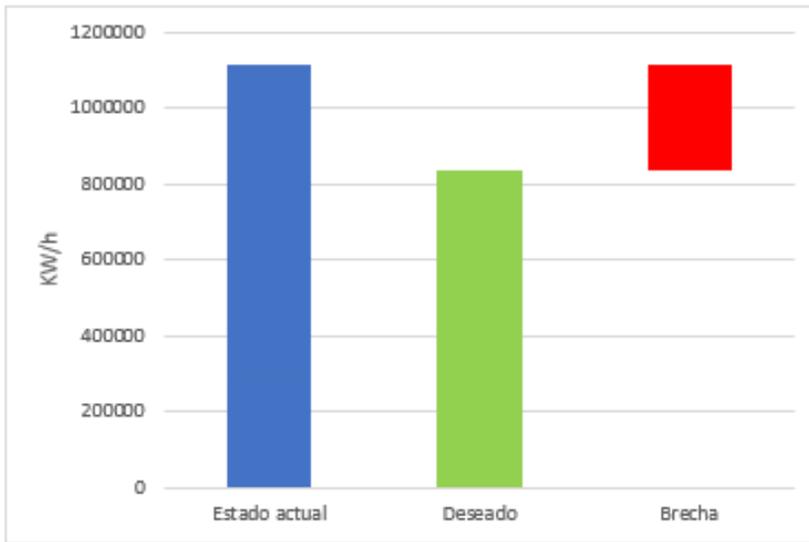
1.3.1 Enunciado del problema

En los supermercados A y B analizados en este proyecto, el consumo mensual promedio es de 113,000 KWh en cada supermercado, con la tarifa de media tensión en junio 2021 equivale a L. 289,280. Lo que se espera en este estudio es determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de paneles solares para autoproducción de energía que permita obtener un ahorro de al menos un 25% en el no pago de la factura eléctrica mensual. Las tarifas eléctricas para el sector comercial han venido al alza en los últimos años y se proyecta que continuarán creciendo, por lo que una solución de autoproducción significará mejoras en los márgenes de utilidad a mediano y largo plazo.

Si los indicadores analizados en el estudio financiero nos muestran un VAN y TIR que sean atractivos y rentables para los accionistas de los supermercados, el proyecto será implementado.

Desde el punto de vista ambiental, el proyecto también aportará beneficios en la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera como un valor agregado.

El estudio plantea un objetivo de acuerdo con la gráfica siguiente:



El 25% es una política interna del supermercado para no realizar inyecciones a la red.

Figura 3 Brecha de demanda de energía de supermercado San Pedro Sula

Fuente: Elaborada por el autor

1.3.2 Formulación del problema

“El problema es la base y punto de partida de la investigación, permitiendo plantear lo que se busca resolver”.(Paredes, 2015, p. 28). A continuación, encontrarán el planteamiento el problema en forma de la pregunta general.

¿Es factible técnica y económicamente la auto generación de energía eléctrica con paneles solares en edificios de supermercados para obtener un ahorro en la factura eléctrica mensual?

1.3.3 Preguntas de investigación

“Preguntas que orientan hacia las respuestas que se buscan con la investigación. No deben utilizar términos ambiguos ni abstractos” .(Hernández Sampieri et al., 2006, p. 37)

1. ¿Con el área de techo disponible en los supermercados A y B respectivamente, es factible técnicamente implementar un proyecto de paneles solares para autogeneración de energía?
2. ¿En la granja solar cuál es la capacidad de generación con mejor costo-beneficio para la para la implementación del proyecto de paneles solares fotovoltaicos en los supermercados A y B?
3. ¿Cuáles serán los ahorros percibidos en el no pago de energía eléctrica después de recuperada la inversión para los supermercados A y B?
4. ¿Cuál es el tiempo de retorno de inversión e índice de rentabilidad del proyecto de acuerdo con la propuesta para la instalación de paneles solares de acuerdo con la demanda de energía en los supermercados A y B.
5. ¿Es posible lograr un ahorro de al menos un 25% de la factura eléctrica mensual teniendo bajas o nulas inyecciones a la red eléctrica nacional con la implementación del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares?

1.4 Objetivos del proyecto

“Los objetivos señalan a lo que se aspira en la investigación y deben expresarse con claridad, pues son las guías del estudio”. (Hernández Sampieri et al., 2006, p. 37)

1.4.1 Objetivo general

Determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de paneles solares en edificios de supermercados para autoproducción de energía de autoconsumo que reduzca la factura de energía eléctrica.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar si es factible técnicamente implementar un proyecto de paneles solares para autogeneración de energía con el área de techo disponible en los supermercados A y B respectivamente.
2. Determinar la capacidad de generación de la granja solar con mejor relación costo-beneficio para la implementación del proyecto de paneles solares fotovoltaicos en los supermercados A y B.
3. Calcular los ahorros percibidos en el no pago de energía eléctrica después de recuperada la inversión de parte de los supermercados A y B.

4. Calcular el tiempo de retorno de inversión e índice de rentabilidad del proyecto de acuerdo con la propuesta para la instalación de paneles solares de acuerdo con la demanda de energía en los supermercados A y B.

5. Determinar si posible lograr un ahorro del 25% de la factura eléctrica mensual con la implementación del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares teniendo bajas o nulas inyecciones de energía a la red eléctrica nacional.

1.5 Justificación

La empresa Control y Sostenibilidad ya cuenta con clientes con proyectos de producción de energía eléctrica mediante paneles solares. Sin embargo, a pesar de ser proveedores de supermercados en otras áreas, aun no tiene proyectos de energía fotovoltaica en ellos.

Los costos de energía eléctrica mensual de los supermercados son considerablemente altos y repercuten en el costo final de los productos. Analizando estudios previos y antecedentes de proyectos similares, podemos observar la viabilidad de generar energía con paneles solares para autoconsumo en edificios de las mismas características y ubicación de los supermercados de esta investigación. La reducción de costos en cuanto a pago de energía eléctrica representará una ventaja competitiva respecto a las otras cadenas de supermercados. Presentando a su vez un beneficio de imagen que lo catapulte como una institución con procesos sostenibles y amigables con el medio ambiente por lo que brinda una alternativa como con implicaciones no solo económicas sino también, de relevancia social.

Los supermercados cuentan con un potencial de generación de energía solar enorme por el diseño de su infraestructura y la disposición de su techo que permite llevar a cabo proyectos de

autoproducción de energía eléctrica, además de la alta demanda eléctrica de los sistemas electromecánicos que operan de manera permanente.

Honduras está ubicado entre las latitudes de $\pm 35^\circ$ respecto al Ecuador, zona del planeta conocida como, cinturón solar caracterizados por unos elevados niveles de radiación solar y, a menudo, altos precios en las tarifas eléctricas. Esto lo convierte en uno de los 148 países en el ámbito mundial con mejor potencial para la generación de energía solar y hace que el proyecto de implementación de paneles solares para autoproducción de energía eléctrica tenga implicaciones prácticas para ser llevado a cabo buscando ahorro en el no pago de la tarifa eléctrica mensual.

CAPÍTULO II MARCO TEORICO

Consiste en una reseña bibliográfica o análisis crítico de las fuentes informativas relacionadas con el tema de investigación. (UNITEC, 2015, p. 29)

2.1 Análisis de situación actual

Es un análisis del entorno al problema planteado y como este puede afectar el comportamiento de las variables de investigación. Presenta las estadísticas relacionadas con su problema, en diferentes niveles: internacional, nacional y comunidad o la empresa.

2.1.1 Macroentorno

Presenta las estadísticas relacionadas con su problema, en diferentes niveles: internacional (Análisis del Macroentorno), nacional o estatal (Análisis del Microentorno) y comunidad o la empresa (Análisis Interno).

2.1.1.1 Ahorro energético

Dos bastiones importantes para considerar en el ahorro de la energía son la eficiencia técnica y los cambios estructurales. Es importante considerar los usos significativos de energía y en base a ello poder hacer más eficientes los sistemas como la iluminación, refrigeración de alimentos o climatización de locales comerciales y edificios. Los cambios estructurales permiten obtener un mayor aprovechamiento de las bondades de la naturaleza para disminuir el consumo de energía.

En la figura 4 a continuación podemos observar un panorama mundial de las economías mayoritarias en cuanto al porcentaje ahorrado de energía tanto por eficiencia técnica como por cambios estructurales.

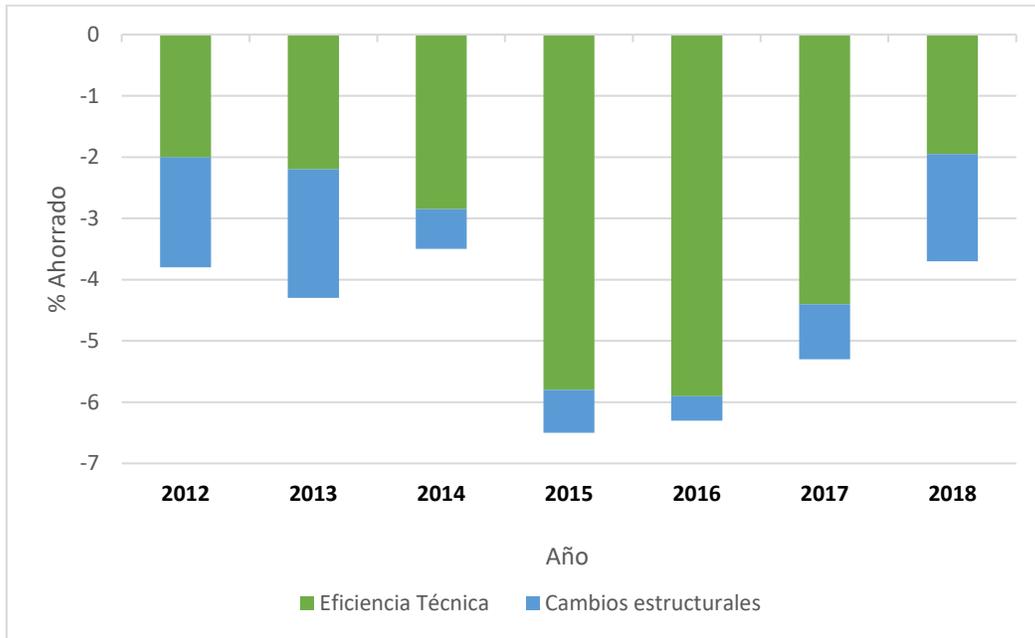


Figura 4. Porcentaje de reducción de energía a nivel mundial

Fuente: (Biol 2019, p. 28)

A pesar de que la eficiencia representa un ahorro, la demanda de energía continúa en aumento.

Experimentamos un encierro total durante varios meses del 2020 como medida de prevención a la propagación del Covid-19. En unos países fue más prolongado que en otros, sin embargo, el cierre del comercio, industria y disminución en importaciones y exportaciones; hizo que la demanda de petróleo cayera en los principales consumidores. El precio llegó incluso a valores negativos.

Ya se tenía una baja en importaciones desde 2018 mediante mejoras en la eficiencia técnica. Lo cual podemos ver en la figura 5 a continuación:

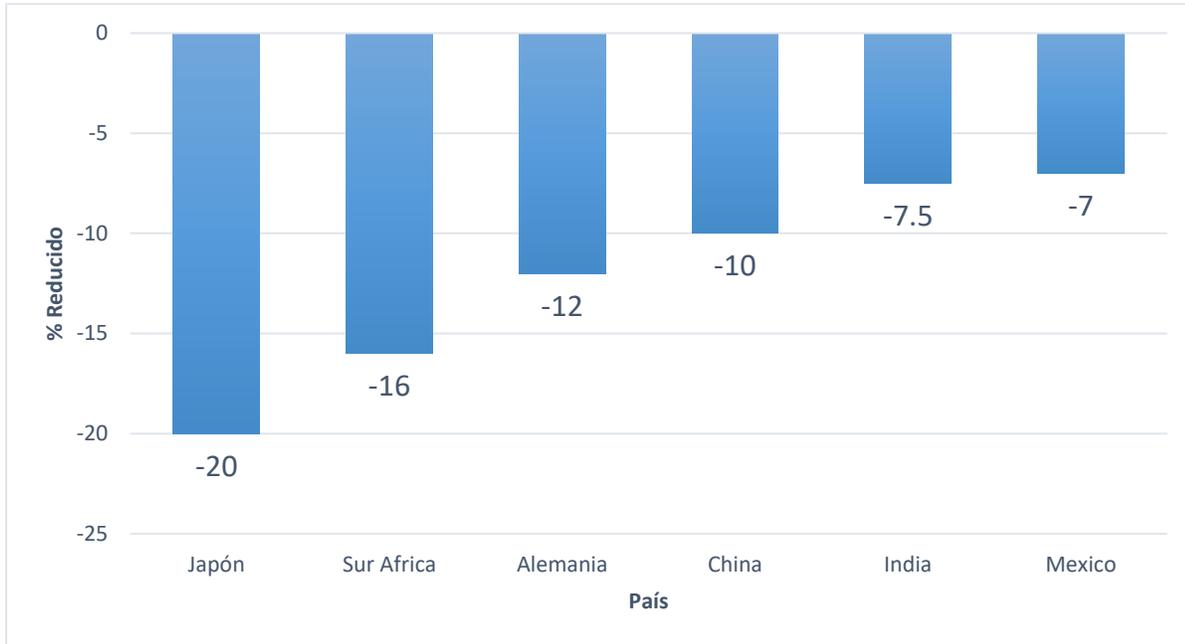


Figura 5. Reducción de importación de petróleo

Fuente: (Biol, 2019, p. 7)

2.1.1.2 Autogeneración con paneles solares

En España se ha aprobado un nuevo régimen económico en base al Real Decreto 960/2020 que será aplicable a instalaciones que utilicen como fuente primaria una energía diferente a las fósiles. Este decreto reconocerá a largo plazo un precio fijo por la energía. Su objetivo principal es promover nuevas inversiones de capacidad de autogeneración basados en solar, eólica, hidroeléctrica, centrales de generación eléctrica y de cogeneración que utilicen como combustible principal biomasa o bio-líquidos, etc. Pero es indispensable que sea una nueva inversión.

El régimen retributivo establecido por el Real Decreto 960/2020 va a ser llevado a cabo por medio de asistencia competitiva en los cuales se subastará la potencia que se tenga instalada,

energía eléctrica o una combinación de ambas, y lo que se ofertará como variable, será el precio por unidad de energía eléctrica. (Garrigues, 2020).

Ikea es un Imperio mundial de mueblería con tiendas en más de 28 países en la última década, la compañía ha invertido 2.7 millones de dólares en energía renovable y en 2019 anunciaron sus más recientes inversiones, que son dos enormes plantas solares en Estados Unidos y una granja eólica en Rumania. Con ella generarán más energía de la que consumen. Pia Heindermark, su directora de sostenibilidad afirma: Estamos un año antes de lo previsto. (Peters et al., 2019)

Apple no se queda atrás en la ruta de la sostenibilidad, en marzo de 2021, Apple anunció que con casi ocho gigawatts de energía limpia que entrará en funcionamiento, evitará más de 15 millones de toneladas equivalentes de petróleo al año. Esto es equivalente a retirar más de 3.4 millones de vehículos de las carreteras cada año.(Fulton, 2021)

En julio 2020, la compañía dio a conocer su plan para convertirse en carbono neutral en todo su negocio, cadena de suministro de fabricación y ciclo de vida del producto para 2030. Por si fuera poco, la compañía recientemente compartió detalles acerca de los \$4.7 billones de dólares gastados en bonos verdes para apoyar proyectos ambientales en todo el mundo. (Fulton, 2021)

Apple ha sido consistente tratando de reducir su huella de carbono durante muchos años. Se ha reducido en un 40% a un paso firme hacia su meta de 2030 y ha evitado la emisión de quince millones de toneladas métricas de CO2 hacia la atmosfera a través de iniciativas de energías limpias. (Fulton, 2021)



Figura 6. Granja solar plana de Apple Cupertino, California

Fuente: (Fulton, 2021)

La demanda mundial de paneles fotovoltaicos crecerá alrededor de un 15% y alcanzará una capacidad total de 143,7 GW para 2021. En China, se espera un crecimiento del 20%. Europa, que está comprometida con el Acuerdo de París, verá una fuerte demanda continua. (Bellini, 2020, p. 1).

Se espera que en el mercado estadounidense se produzca un aumento de la demanda del 30% que, en 2020 pesar de los obstáculos planteados por la pandemia, el mercado solar de EE. UU. estableció un registro anual con 19,2 GW instalados, mientras que se prevé que el crecimiento para la India sea del 60%. “Asia-Pacífico mantendrá un crecimiento estable mientras que América Latina, donde el costo de la electricidad es bajo y el Medio Oriente, donde se están llevando a cabo proyectos a gran escala, serán testigos de un crecimiento de entre el 30 y el 60. (Bellini, 2020, p. 1)

No podemos saber a ciencia cierta cuando las consecuencias de la pandemia Covid-19 disminuirán en el ámbito de la energía tanto de consumo como producción. Sin embargo, la solar

se ha mantenido en cuanto a demanda. Hay ciertos países donde incremento, como España y Estados Unidos. Los precios aún continúan a la baja.

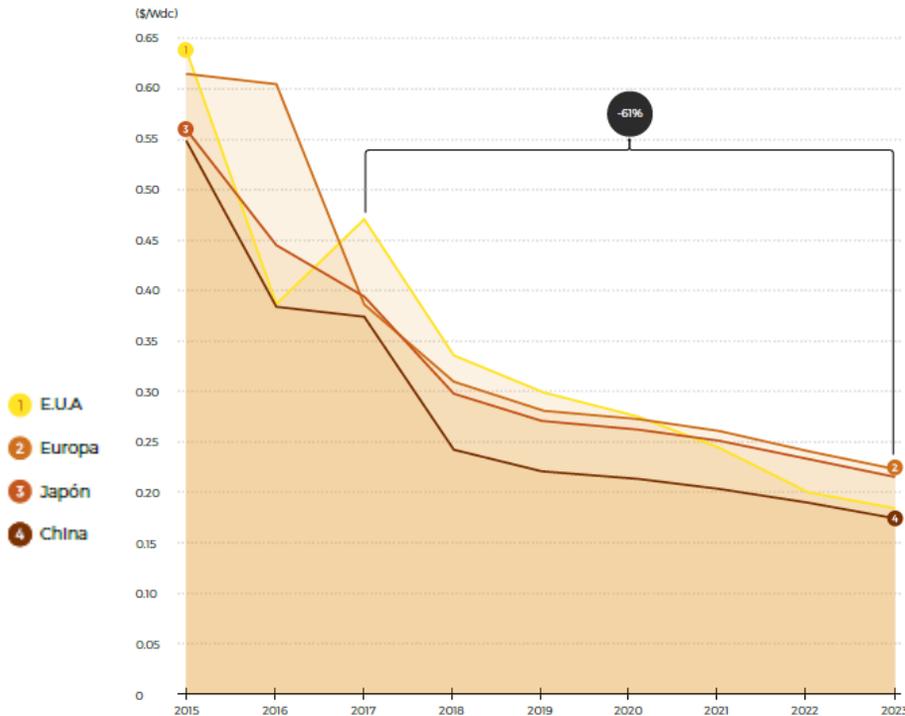


Figura 7 Precio mundial de paneles solares

Fuente: (García de Fonseca et al., 2019)

Uno de los temas centrales de la III Cumbre Empresarial de las Américas, que tuvo lugar entre el 12 y 13 de abril en Lima, Perú destacó que la generación eléctrica con tecnología solar mundial aumentará, México crecerá de 1.8GW a 15.0GW, Brasil de 1.1GW a 8.7GW y Chile de 2.5GW a 6.4GW. (García de Fonseca et al., 2019)

2.1.1.3 Supermercados

Como caso de éxito podemos ver al supermercado español Superspar que con una superficie de 2,000 mts² que abren siete días a la semana, 13 horas diarias, y tenía como preocupación reducir sus costos energéticos.

Con la implementación de planes de eficiencia energética, el supermercado logro ahorrar € 90,000 al año en energía, que es el 25% de su costo inicial.(Teba, 2018)

7-Eleven es la cadena más grande de tiendas de conveniencia a nivel mundial. Con un gasto energético producido por equipos electromecánicos para climatización y refrigeración para la conservación de alimentos perecederos similar al de los supermercados, pero en menor escala.

Para 2019 llego a 9,682 tiendas en todo el mundo. Sus consumos macro se muestran en la tabla 1 a continuación:

Tabla 1. 7-Eleven al rededor del mundo

	2017	2018	2019
Número de tiendas	9317	9387	9682
Emisiones de CO2 (1,000 t-CO2)	1012	959	817
Consumo Eléctrico (GWh)	2430	2383	2306
Uso de agua (1,000 m3)	16456	11365	10892

Fuente: Elaboración propia, datos de (7-Eleven Inc, 2019)

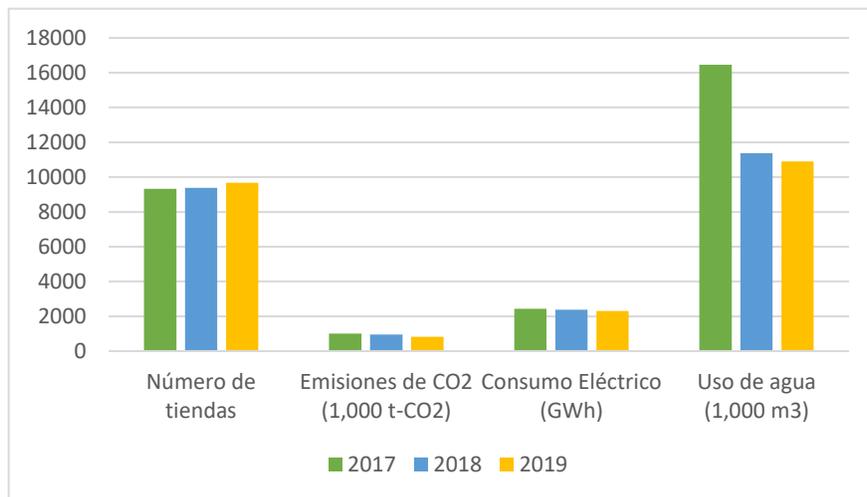


Figura 8. 7-Eleven alrededor del mundo

Fuente: Elaboración propia, datos de (7-Eleven Inc, 2019).

La figura 8 muestra los esfuerzos de 7-Eleven por mejorar sus procesos de consumo de energía y como resultado refleja reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera.

2.1.2 Microentorno

2.1.2.1 Ahorro energético

En Centro América, debido al impacto en el sector energético ocasionado por la pandemia Covid-19, se obtuvieron descensos hasta de 19% de millones de toneladas equivalentes de petróleo en ciertos rubros.

La tabla 2 nos presenta la estadística de reducción de energía por rubro durante la pandemia.

Tabla 2. Variación de porcentaje de energía por pandemia COVID-19 en C.A.

	2019	2020	% de Variación
Transporte	11.7	10.7	-9%
Industrial	4.8	4	-20%
Residencial	12.2	12.9	5%
Comercial y Servicios	2.4	2	-20%
Otros	0.7	0.6	-17%

Fuente: Elaboración propia con datos de (Blanco Bonilla & Schuschny, 2020, p. 31)

Como muestra la tabla 2, en el área residencial se tuvo un aumento de energía causado por el confinamiento y la cantidad de personas que de alguna forma continuaban trabajando desde casa en lugar de desplazarse a los lugares habituales. Consecuencia de lo anterior, el transporte presentó un descenso y como una cadena, lo siguió el rubro comercial y cerrando el ciclo, el industrial para la mayoría de los sectores.

La figura 9 a continuación describe la variación de energía por rubros en Centroamérica.

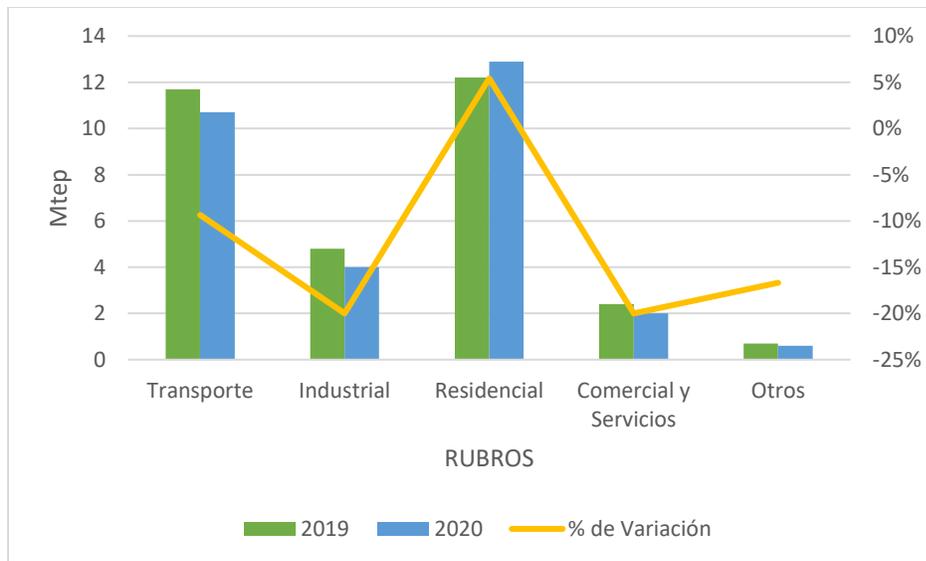


Figura 9. Porcentaje de variación de energía por rubro en C.A.

Fuente: Elaboración propia con datos de (Blanco Bonilla & Schuschny, 2020, p. 36)

2.1.2.2 Autogeneración con paneles solares

Ministerio de Ambiente y Energía (2015) desarrolla el Plan Nacional de Energía 2015-2030 de Costa Rica, en el que se establece que, actualmente en el país la generación distribuida permitirá consumir la energía producida en sitio y así poder reducir las pérdidas en transmisión, inversión en infraestructura y la venta de excedentes en la producción por cada generador considerado pequeño. En Costa Rica el desarrollo de la generación distribuida es todavía incipiente. Con el fin de estudiar el efecto sobre las redes de distribución y contar con bases para el posterior diseño de programas de desarrollo de la actividad, el ICE inició en octubre de 2010 un proyecto piloto donde se recibieron 366 solicitudes, para una potencia total de 11,274 kW, de los cuales 6,759 kW son solares, 4,500 kW son de biomasa y el resto es eólico e hidroeléctrico.

En el caso de la autogeneración con fuentes renovables Costa Rica apunta a biomasa para grandes consumidores de energía como plantas de producción industrial. En el caso de la producción con energía solar para el 2014 Costa Rica contaba con 8.4MW instalados según datos del Instituto Costarricense de Electricidad y el plan de expansión indica que se cuenta con un potencial de expansión a 120MW para 2035. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2015, p. 50)

Para los países con legislación energética desarrollada y actualizada con las tendencias tecnológicas actuales la autogeneración representa una oportunidad de negocio donde un proyecto de autogeneración puede servir para satisfacer las necesidades energéticas internas, así como inyectar energía eléctrica en momentos de baja demanda a la red eléctrica nacional. Una entidad puede desempeñar dos papeles al mismo tiempo, tanto del proveedor de servicios, como la de cubrir necesidades propias en diferentes transacciones, como en el caso de un operador de un sistema de distribución, que en una transacción proporciona servicios a un consumidor final y al mismo tiempo puede recibir servicios de ese mismo consumidor (por ejemplo, energía, información acerca de la capacidad, a través de la respuesta de la demanda etc.) en otra transacción. “Todas estas transacciones toman lugar en el contexto de un marco regulatorio particular y están integrados dentro de un "sistema de energía eléctrica" (que incluye el específico tecnológico, económico, contexto geográfico y político).” (Maturana & Peláez, 2019, p. 41).

2.1.2.3 Supermercados

En países con mayor desarrollo de Latinoamérica como Chile, existen proyectos fotovoltaicos en instalaciones de supermercados que los colocan como un ejemplo para el resto de los países de la región.

La cadena Walmart tendrá 223GWh del total de su energía, suministrada de fuentes renovables. Esto equivale a certificar como renovable el 85 % del total de la energía que será suministrada entre 2018 y 2021 a Walmart Chile, lo que en términos prácticos se traduce en dejar de emitir cerca de 132 mil toneladas de CO₂ o retirar de circulación unos 33 mil vehículos anuales, en el período que abarca el acuerdo.(PV MAGAZINE, 2019, p. 1).

En El Salvador, el supermercado “Súper Selectos” ya cuenta con un programa de eficiencia energética. No está enfocado únicamente en la producción de energía, sino también en el cambio de equipos de refrigeración, reemplazo de luminarias por unas de mayor eficiencia energética y nueva tecnología de aires acondicionados.

Súper Selectos ha dejado de producir más de 1,700 toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂) y redujo en un 35 % la factura del consumo de energía eléctrica. Las tiendas que tienen paneles solares en sus techos lograron reducir hasta un 30 % su factura de energía durante el primer año.(Linares, 2019)

2.1.3 Análisis Local

2.1.3.1 Ahorro energético

Shroeer, (2014) refiere que, en aras de obtener una reducción en la demanda energética de combustibles fósiles y electricidad, el gobierno hondureño ha emitido 3 decretos para lograrlo.

- 1) Decreto PCM-010-2012 del Poder Ejecutivo - Plan Estratégico para la Gestión y Ahorro de Combustibles y Energía Eléctrica. Además del ahorro en combustibles y energía, abarca ordenamiento vial y medidas de ahorro en instituciones de administración pública

- 2) Decreto No. 112-2007 del Poder Legislativo - Obligatoriedad de utilizar lámparas y tubos fluorescentes en las instituciones del Estado y prohibición del ingreso de focos incandescentes al país que son al menos 50% menos eficientes.
- 3) Decreto No. PCM 034-2014 del Poder Ejecutivo - Plan de Eficiencia y Ahorro Energético medible de las instituciones de la Administración Pública. Que en uno de sus artículos reducir en un 10% la asignación presupuestaria para el pago de energía eléctrica en todas las instituciones del Estado, Centralizadas y Descentralizadas y Desconcentradas. (p. 14).

La figura 10 describe los usos significativos de energía dentro del sector comercial esto según datos de la Comisión Nacional de Energía. Los esfuerzos gubernamentales en Honduras para mejorar la eficiencia energética se muestran con la implementación de un sistema de etiquetado para electrodomésticos de alto consumo dentro de las edificaciones, esto sirve como guía para los compradores, ayudando a seleccionar el artículo no solo por el precio de compra sino también por la eficiencia de energía que se traducirá en ahorros a mediano y largo plazo. Ver figura 11 con etiquetado de electrodomésticos.

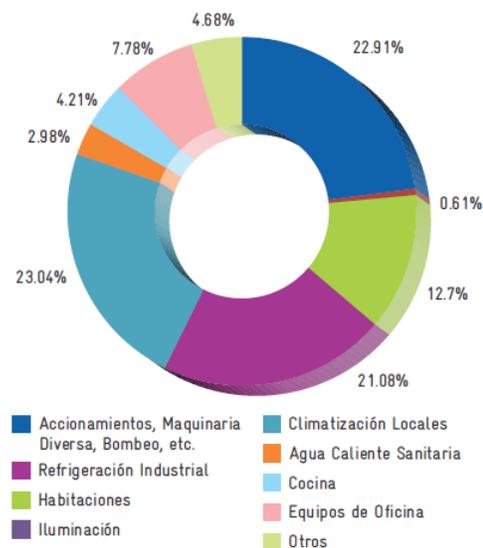


Figura 10. Consumo eléctrico en el sector comercial

Fuente: (Shroeer, 2014, p. 11)

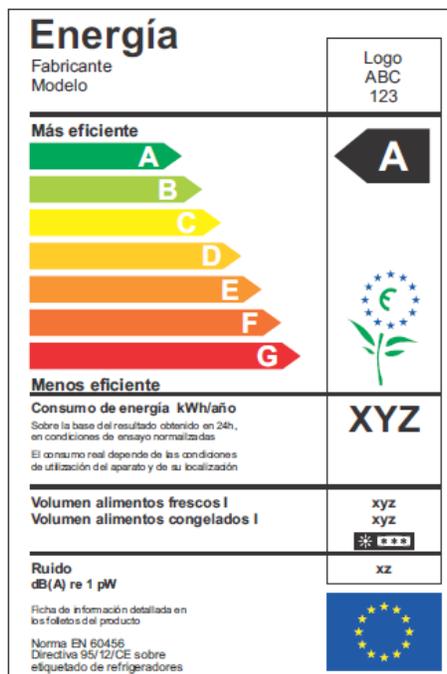


Figura 11. Etiqueta de eficiencia en aparatos eléctricos

Fuente: (Shroeer, 2014, p. 12)

2.1.3.2 Autogeneración con paneles solares

Haid & Heieck, (2020) refiere que, en el año 2010, Honduras publicó su plan de visión nacional 2010-2038 y estableció metas para seccionar su matriz energética con participación de las fuentes de energía renovable de 50% para 2017, 60% para 2022 y 80% para 2034. Honduras implementa activamente incentivos legales, excepciones fiscales y despacho prioritario para las energías renovables con el objetivo de lograr el 70% de abastecimiento proveniente de las energías limpias. Debido a las altas pérdidas en transmisión de la red nacional eléctrica, el país sufre limitantes de capital financiero dentro de las empresas públicas.

El primer de octubre de 2015 en el departamento de Valle, se inauguró la primera planta solar fotovoltaica del país conectada al Sistema de Interconexión Nacional (SIN) del país. Su

capacidad es de 146.4MWp. Tiene 480 módulos fotovoltaicos y 104 inversores en un área de 600 hectáreas.

La Figura 12 muestra la potencia instalada en nuestro país según la fuente de generación:

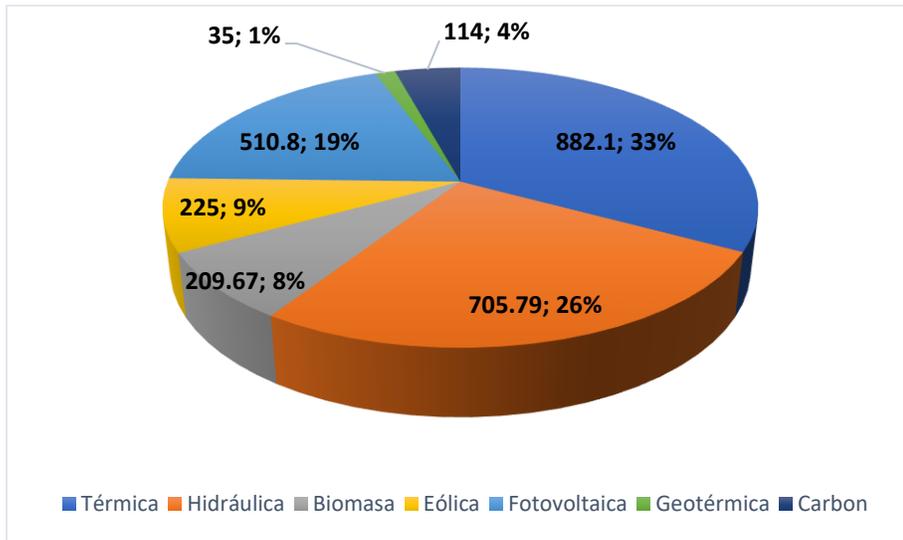


Figura 12. Potencia instalada por fuente de generación

Fuente: Elaboración propia con datos de (CREE, 2019)



Figura 13. Generación de energía en Honduras por fuente

Fuente: (CREE, 2019, p. 27)

Para Honduras, el 2019 fue un año con poca cantidad de milímetros de precipitación fueron escasas. Esto obviamente provoca que las centrales hidroeléctricas a filo de agua vean disminuida su producción. Así mismo, las de embalse, pasaron meses de producción reducida.

“Esta disminución en la disponibilidad en la hidroenergía ha sido compensada a través de la generación con derivados de petróleo que pasaron de generar el 36% de la energía en 2018 a un 47% en 2019” (CREE, 2019, p. 27).

En Honduras, existen varias empresas que producen energía para autoconsumo. Muchas de ellas son del sector industrial.

Ejemplos:

1. EMSULA. Ubicada en San Pedro Sula con 3MW de producción de energía con 11,702 paneles en un área aproximada de 34,000 mts². Ahorrando un 20% de su consumo total. (F. Ponce, 2021)
2. Argos. Ubicada en la planta Piedras azules de Comayagua con 10.6MW de producción de energía con 32,160 paneles. Logrando ahorrar un 20% de su consumo total.(ARGOS, 2020)

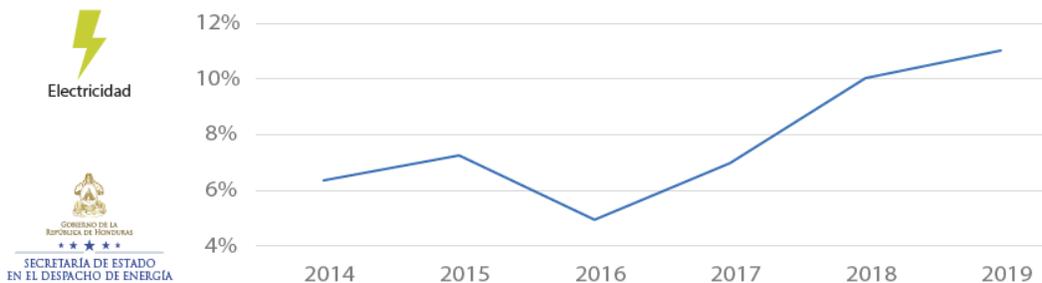


Figura 14 Energía consumida por auto productores

Fuente: (CREE, 2019, p. 29)

La figura 14 muestra el aumento de la autoproducción de energía en Honduras.

2.1.3.3 Supermercados

En el sector comercial de Honduras específicamente en tiendas de venta al por menor sobresalen algunas cadenas de supermercados con capital nacional o inversión extranjera. La alta demanda de productos de consumo y la conveniencia que ofrecen los supermercados permite un alto crecimiento del sector. La tabla 3 a continuación muestra las principales cadenas de mercado en Honduras y cantidad de tiendas de cada una.

Tabla 3. Cantidad de tiendas por cadena en Honduras 2021

Nombre de Franquicia	Cantidad
Walmart	111
La Colonia	56
Colonial	4
Price Smart	3
Super Barato	3
Supermercado Junior	2

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021).

Los supermercados tienen un alto potencial para la generación de energía con paneles solares debido a la amplitud de sus techos y la alta demanda eléctrica en sus instalaciones. El crecimiento de las instalaciones solares en supermercados ha sido muy pronunciado en los últimos años. “A junio de 2017, en Supermercados La Colonia se han generado 95,004.50 KWh de Energía Limpia generados a través de los Paneles Solares instalados en 13 Tiendas a nivel nacional.” (E&H, 2018, p. 1).

La Figura 15 a continuación muestra instalaciones típicas de paneles solares en un supermercado de Honduras.



Figura 15. Paneles Solares en supermercado La Colonia

Fuente: (E&H, 2018)

2.1.4 Análisis Interno

2.1.4.1 Ahorro energético

Los supermercados A y B pertenecen a la misma cadena de tiendas y están bajo un programa de mejora de eficiencia energética que ha permitido la reducción en el consumo de la energía en los últimos años.

Las auditorías energéticas periódicas donde se realiza revisión de procesos, identificación de los usos significativos de la energía, evaluación de eficiencia y estado de equipos electromecánicos, entre otras actividades han ayudado a mejorar el aprovechamiento de la energía

dentro de la tienda. A continuación, se listan las actividades realizadas por Control y Sostenibilidad en el proceso de auditoría energética a supermercados:

Tabla 4 Actividades en auditoría energética de supermercados

Ítem	Sistema	Actividad	Detalles
1	Aire Acondicionado	Verificación de carga térmica	Análisis de carga térmica con respecto a planos recibidos, información de vidrios, techos, aislamiento, equipos de cocina, extracción/inyección
2	Aire Acondicionado	Revisión física de aires acondicionados	Verificación de estado de condensador, evaporador, ventilador, mediciones eléctricas, presiones, ventiladores, conexiones eléctricas, estado de ductos, aislamiento de ductos y tuberías, cámara termografía de ductos exteriores, puntos críticos donde se forman puente térmico, revisión de bitácora de mantenimiento preventivo
3	Aire Acondicionado	Revisión de histórico de unidades	Revisar el uso de las unidades, horarios, “set point”, comportamiento de la operación
4	Aire Acondicionado	Revisión campanas de extracción y equipos de inyección	Revisión de estado de equipos, bitácora de mantenimiento, limpieza de campana, ducto. Revisar cortinas de aire

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a)

La auditora es de suma importancia para conocer valores objetivos y confiables tanto energéticos como económicos. Permiten conocer las costumbres del usuario para aparatos que no se encuentran automatizados. De esta forma, se pueden hacer cambios importantes que lleven a un ahorro energético de aparatos que pueden no ser utilizados de manera óptima e incluso de aparatos cuyo rendimiento no es el más adecuado.

Por naturaleza, los supermercados necesitan mantener los alimentos perecederos refrigerados aún en momentos que el local no se encuentra abierto. Esto lo convierte en uno de los principales gastos energéticos en este rubro.

Tabla 5 Actividades en auditoría energética de supermercados

Ítem	Sistema	Actividad	Detalles
1	Aire Acondicionado	Ventanas y aislamiento de techos	Revisión de tipo de vidrio en ventanales, aislamiento térmico de techo.
2	Aire Acondicionado	Sensores de temperatura de zona, de ducto	Verificación de funcionamiento de sistema de control, sensores de temperatura, horarios
3	Iluminación	Revisión de modelos de luminarias	Revisión de modelos de luminarias, consumo eléctrico, estado de luces.
4	Iluminación	Medición de intensidad luminosa	Verificación de intensidad luminosa en cada área del supermercado, búsqueda de oportunidades de mejora
5	Iluminación	Revisión de tablero de iluminación	Revisión física de tablero de iluminación, contactores, cableado y conexiones. Usando cámara termográfica revisar si hay sobrecalentamiento de las líneas. Pruebas con fotocelda y automatización
6	Eléctrico	Identificación de USE: Usos significativos de energía	Identificación de Usos Significativos de Energía, medición independiente por tablero, identificación de oportunidades en distribución de carga
7	Eléctrico	Revisión de transformador/banco de transformadores	Inspección de conexiones eléctricas, estado del transformador, termografía de conexiones y conductores
8	Eléctrico	Revisión de tableros de distribución	Termografía, mediciones de corriente, verificación de carga según planilla de circuitos, mediciones en red de tierra y banco de capacitores.
9	Eléctrico	Revisión de equipos eléctricos: hornos, equipo de procesos, equipos de alto consumo eléctrico	Verificación de consumo eléctrico de equipos de acuerdo a datos de placa, estado físico de los mismos, bitácoras de mantenimiento, aislamiento térmico de hornos

Continuación de Tabla 5. Actividades en auditoría energética de supermercados

Ítem	Sistema	Actividad	Detalles
10	Eléctrico	Revisión de equipos eléctricos: motores	Verificación de consumo eléctrico de equipos de acuerdo con datos de placa, estado físico de los mismos, bitácora de mantenimiento, rodamientos, bandas
11	Refrigeración	Verificación de equipos	Comparación de funcionamiento del equipo con datos de placa, mediciones de temperatura, corriente, presión, estado de cuartos fríos, rack de compresores.
12	Refrigeración	Revisión de aislamiento de equipos refrigerados	Revisión de aislamiento térmico de cuartos fríos, termografía de paredes, puertas, aislamiento de tubería para verificar si hay puentes térmicos que producen pérdida de eficiencia a los equipos.
13	Refrigeración	Verificación de carga térmica	Revisión de capacidades de equipos de refrigeración instalados versus requerimiento teórico según cálculos
14	Refrigeración	Verificación y calibración de sensores, transductores	Medición de temperatura de muebles, cuartos fríos y equipos refrigerados, presiones de operación, voltaje de señal de transductores con herramientas de medición manuales para comparar en tiempo real con datos mostrados en el sistema de automatización.
15	Refrigeración	Termografía en aislamiento térmico de tubería de refrigeración	Revisión del estado de aislamiento térmico en tuberías de sistema de refrigeración con cámara termográfica
16	Refrigeración	Verificación de conexiones eléctricas en rack de compresores y panel de control	Revisión de aprete de conexiones eléctricas, sobrecalentamiento de líneas,
17	Refrigeración	Revisión de aceite, refrigerante	Verificar nivel de aceite, refrigerante y detectar humedad dentro del sistema

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, entrevista, 2021)

Las auditorías energéticas acompañadas de educación en temas de ahorro de energía al personal operativo, reemplazo de equipos electromecánicos por unidades de mayor eficiencia, cambio de luminarias fluorescentes a LED han producido una marcada tendencia a la baja en el consumo de energía de las tiendas.

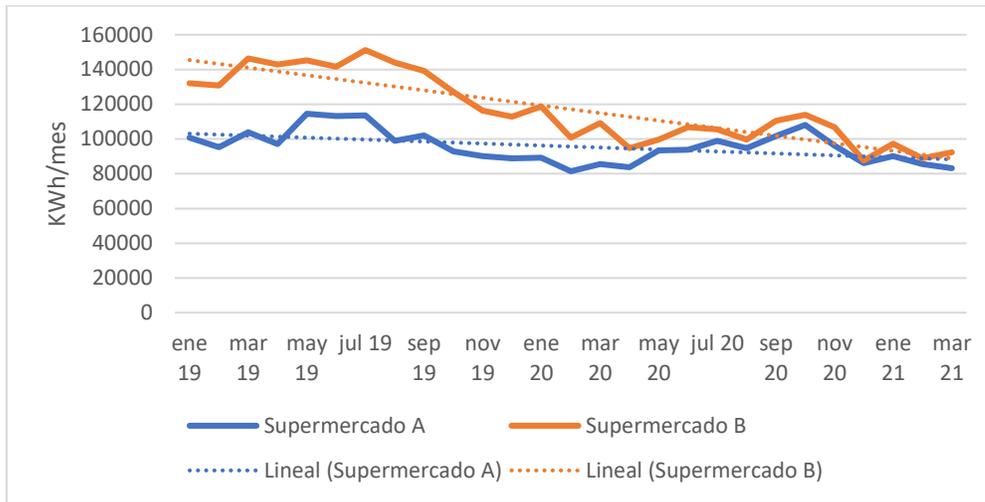


Figura 16 Demanda de energía del 2019 al 2021 de supermercados A y B

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 1)

2.1.4.2 Supermercados

Los supermercados A y B poseen distintos sistemas electromecánicos típicos en tiendas de su cadena como ser:

1. Sistema de refrigeración con rack de compresores centralizados manejado por un sistema de control automático. Figura 50 Anexo I
2. Muebles refrigerados de auto servicios, vitrinas mantenedoras de carne, islas refrigeradas forman parte de los equipos donde el cliente puede tomar los productos directamente. Figura 51 Anexo I
3. Los cuartos fríos son los recintos para el almacenaje de productos que no están en exhibición ayudando a temas logísticos y control de inventario. Figura 53 Anexo I

4. Se les llama equipos de refrigeración autocontenidos a los sistemas con condensador y evaporador independiente, es decir, no están conectados al sistema centralizado de compresores. Generalmente se utilizan en ubicaciones de tienda retiradas de la red de tubería de refrigeración. Figura 55 Anexo I
5. Las vitrinas refrigeradas en carnicería permiten que el cliente visualice y seleccione el producto para que el personal de tienda pueda manipularlo y empacarlo. Figura 56 Anexo I
6. Los equipos de aire acondicionado de piso de ventas en los supermercados A y B son unidades tipo paquete Lennox de 20 Ton cada una con una demanda aproximada de 40 KW por unidad. Figura 57 Anexo I
7. Las oficinas son climatizadas por unidades tipo mini Split de entre una y tres toneladas de refrigeración. Figura 58 Anexo I
8. La iluminación de tienda utiliza tecnología LED con horarios y dimerización gobernada por un sistema de control automático. Supermercados A y B utilizan la marca General Electric como estándar para sus instalaciones. Figura 54 Anexo I
9. En los equipos de procesos y de cómputo se agrupan todos los equipos que representan cargas menores de la tienda de manera individual. Las cargas no son tan representativas como climatización o refrigeración, pero se pueden medir para formar una clasificación que permita considerar y controlar el consumo del mismo como un grupo para llegar a un total más certero y cercano al consumo total real del supermercado.

La demanda de energía en un edificio de supermercado es relativamente estable, es decir, con operación en horario normal 365 días del año podemos decir que el consumo de energía será afectado por variables como condiciones climatológicas, días festivos o con alta afluencia de clientes, patrones de consumo en general y la ubicación del supermercado como tal. Ciertos supermercados utilizan estrategias como colocar los artículos básicos en el fondo del lugar para provocar que, en el camino, el cliente pueda observar el resto de ofertas. A pesar de todos estos factores, para supermercados de al menos 5,000 metros cuadrados de piso de ventas, la distribución típica de la demanda basado en las cargas eléctricas seleccionadas durante diseño sería la siguiente:

Tabla 6. Porcentaje de consumo por sistema

Sistema	Porcentaje de consumo
Refrigeración	30%
Iluminación	15%
Climatización	40%
Otros	15%

Fuente: Elaboración propia con datos (COYSOSA, 2021a)

2.2 Teorías de Sustento

“Presenta las teorías de sustento para el tema correspondientes al campo de estudio del problema planteado, explicando cómo se relaciona cada una de las teorías escogidas con las variables del problema”.(UNITEC, 2015, p. 30)

2.2.1 Ahorro energético

2.2.1.1 Definición del ahorro energético

González-Velasco (2009a) definen ahorro energético como comprender mejor como se utiliza la energía, lo que facilitaría hacer un uso más racional de la misma, y para conseguir que las energías se apliquen del modo más eficiente, hay que observar en que forma y con qué fines se consume la energía en las sociedades desarrolladas.(p. 31)

2.2.1.2 Variables y Dimensiones del ahorro energético

2.2.1.2.1 Ingresos.

Pampillón (2007) afirma “los ingresos son la cantidad total pagada por los compradores y recibida por los vendedores de un bien; se calcula multiplicando el precio del bien por la cantidad vendida de dicho bien” (Pampillón, 2007, p. 30) .

Los ahorros percibidos por la reducción del pago de la factura eléctrica se constituyen en una dimensión de la variable ingresos en este proyecto.

2.2.1.2.2. Gastos.

“El diccionario de la real academia española indica que gasto es la asignación presupuestaria a ciertos cargos públicos o privados para desarrollar sus actividades” (R.- ASALE & RAE, 2014, p. 4118)

Las dimensiones del gasto dentro del proyecto de autogeneración con paneles solares en supermercados A y B son:

1. Impuestos
2. Inflación
3. Devaluación

2.2.1.2.3. Utilidad

“Provecho, interés o conveniencia que se le saca a algo” (RAE, 2014, p. 8762) . Las utilidades obtenidas por el proyecto son percibidas por generación de energía para autoconsumo y el no pago de ésta al proveedor eléctrico nacional.

2.2.1.3 Modelado de ahorro energético

Un plan de mejora de eficiencia de energía (PMEE) es donde se establecen las normas que regularan el uso de equipos que consumen energía y los estándares en cuanto a desempeño energético que se deben mantener. Con el PMEE se garantiza el cumplimiento de indicadores energéticos de una institución. Para los supermercados A y B se establece un plan que incluye los siguientes aspectos:

1. Planificación y elaboración de documentos
 - a. Reglamentos
 - b. Técnicas y procedimientos
 - c. Planificación de ejecución de auditoría
 - d. Elaboración de documentos y especificaciones de la auditoría
2. Auditoría energética
 - a. Revisión física de instalaciones
 - b. Verificación de funcionamiento de sistemas electromecánicos
 - c. Revisión de patrones de uso de equipos
 - d. Revisión de información histórica de demanda de energía
 - e. Documentación de hallazgos
 - f. Análisis de información recopilada y elaboración de indicadores de eficiencia

g. Elaboración de informe, plan de mejora

El plan de mejora de eficiencia energética es continuo y se realiza de manera permanente en la organización buscando las oportunidades de mejora en procesos, equipos y en los indicadores mismos.

2.2.1.4 Medición y evaluación de ahorro energético.

2.2.1.4.1 Norma ISO 50001.

“La norma ISO 50001 especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético” (ISO, 2011, p. 6).

Esta norma ayudará medir y evaluar indicadores que proporcionen información relacionada respecto al consumo de kWh consumidos en los supermercados A y B. De igual forma, esta norma servirá de referencia para determinar la eficiencia del sistema de iluminación y la cantidad de lúmenes correctos por área.

2.2.1.4.2 La Norma 90.1-2016 ANSI / ASHRAE / IES

“Este estándar proporciona Los requisitos mínimos de eficiencia energética para el diseño, construcción y un plan de explotación y mantenimiento de:

1. edificios nuevos y sus sistemas,
2. nuevas zonas de edificios y sus sistemas,
3. nuevos sistemas y equipos en edificios existentes y
4. nuevos equipos o sistemas del edificio identificados especialmente en el estándar

como parte de procesos industriales o de fabricación”

(ANSI/ASHRAE/IES, 2016, p. 9).

El estándar anterior ayudará a medir y evaluar indicadores relacionados con los kW/ton del sistema de refrigeración de las áreas de los supermercados A y B en este proyecto.

2.2.2. Factibilidad técnica y económica

2.2.2.1 Definición de factibilidad técnica y económica

Para este estudio, es necesario realizar un estudio de factibilidad técnica que demuestre que el funcionamiento y operatividad de este, son posibles.

Baca Urbina (2006) señala que el estudio técnico consta de 4 partes, que son: determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal y de cada una de estas partes se desprenden variables y dimensiones que se usan en la investigación.

Baca Urbina (2006) explica:

El estudio de factibilidad técnica pretende resolver las preguntas de dónde, cuánto, cuándo, cómo y con qué producir lo que se desea. Por lo que el aspecto técnico-operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto. (p. 74).

Una vez realizado el estudio técnico, es necesario realizar un estudio de factibilidad económica que nos permita determinar las cifras monetarias que mostrarán si el proyecto es rentable o no.

Luna & Chávez, (2001) define:

Factibilidad económica como la capacidad del proyecto ejecutado respecto a la disponibilidad de recursos de capital para su funcionamiento en general y para la ejecución del proyecto. Servirá para determinar si se obtendrán pérdidas o ganancias y aprovechando

al máximo los recursos disponibles, conociendo cuales son los puntos débiles considerando las amenazas del entorno.(p. 22)

Para poder realizar el estudio de factibilidad técnica y económica, recurrimos a un conjunto de variables que permitan obtener datos para definir si el proyecto puede ser llevado a cabo rentablemente. El análisis de las variables con sus dimensiones utilizando métodos y técnicas de investigación son los que determinan si el proyecto es factible.

La figura 17 a continuación muestra las partes del estudio técnico.



Figura 17 Partes del estudio técnico

Fuente: (Baca Urbina, 2006, p. 75)

Baca Urbina (2006) señala que vez que se concluye el estudio hasta la parte técnica, se inicia la parte del análisis económico pretende determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la realización del proyecto, cuál será el costo total de la operación de

la planta, así como otra serie de indicadores que servirán como base para la parte final y definitiva del proyecto, que es la evaluación económica.

2.2.2.2 Variables y Dimensiones de Factibilidad técnica y financiera.

2.2.2.2.1 Demanda de energía

“La medida del máximo requerimiento de energía de un sistema, parte de este o el total de la carga conectada al sistema de suministro” (Earley & Sargent, 2011, p. 25).

Las dimensiones o indicadores que servirán para saber la demanda energética son:

1. Tarifa energética
2. Consumo energético
3. Eficiencia energética
4. Actualización de tecnología.

2.2.2.2.2 Equipos

“Conjunto de todos los servicios necesarios en industrias, urbanizaciones, etc.” (R.- ASALE & RAE, 2014, p. 3728)

Los equipos fundamentales para un sistema solar fotovoltaico son los paneles solares, inversores y elementos pasivos como los soportes. Puede considerarse un almacenamiento de energía con baterías para los sistemas de generación fotovoltaica, sin embargo, en este proyecto, se consumirá toda la energía producida y no se considerará almacenamiento.

Las dimensiones o indicadores que determinan los equipos en el proyecto de autoproducción de energía con paneles solares en supermercados son los siguientes:

1. Tipo de paneles

2. Marca de paneles
3. Equipos complementarios

2.2.2.2.3 Inversión Inicial

“Comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa” (Baca Urbina, 2006, p. 143).

2.2.2.2.4 Costos

“Es un desembolso en efectivo o en especie hecho en el pasado (costos hundidos), en el presente (inversión), en el futuro (costos futuros) o en forma virtual (costo de oportunidad)” (Baca Urbina, 2006, p. 139).

Considerando que la inversión inicial se toma en cuenta de forma separada, la única dimensión de los costos será el mantenimiento después del primer año, dado que no son cubiertos por COYSOSA (Control y Sostenibilidad S.A.) dentro del proyecto inicial.

2.2.2.2.5 VAN (Valor Actual Neto)

También conocido como Valor Presente Neto (VPN).

“Es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial” (Baca Urbina, 2006, p. 182).

Mete, (2014) “lo describe como el valor presente neto de un proyecto. Es el valor que tiene actualmente los flujos de efectivo netos de una propuesta. Traduce ingresos y egresos en su valor equivalente en el periodo 0” (p. 3)

Para este proyecto las dimensiones de la VAN son:

1. Inversión Inicial

2. TIR
3. Tiempo de recuperación de la inversión
4. Índice de rentabilidad

2.2.2.2.6 Periodo de recuperación de la inversión

Es el tercer criterio más usado para evaluar un proyecto y tiene por objeto medir en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo del capital involucrado.

2.2.2.2.7 Tasa de oportunidad

La tasa de oportunidad representa la tasa de interés correspondiente al costo de oportunidad. En un negocio de inversión, esta representa la mayor tasa de rentabilidad, entregada la alternativa de inversión más atractiva con el mismo nivel de riesgo y corresponde a la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) para el negocio(proyecto) en estudio. (Buenaventura, 2018, p. 29)

2.2.2.2.8 Depreciación

Disminución de valor o precio que sufre un bien tangible por causa del uso o transcurso del tiempo. Disminución del valor o precio de un predio o sus construcciones. Pérdida de valor o deterioro que sufre un activo fijo por su uso, el paso del tiempo o la aparición de activos más eficientes.(Cárdenas Cutiño & Daza Ramirez, 2004, p. 125)

2.2.2.2.9 Amortización

Gasto incluido en la cuenta de pérdidas y ganancias, que expresa la pérdida de un valor de un elemento del activo fijo, como consecuencia del uso que de él se hace en la actividad productiva. Según el porcentaje del valor del activo que se declare como gasto

cada año, puede hablarse de amortización lineal o acelerada. (Cárdenas Cutiño, 2004, p. 36)

2.2.2.3 Modelado del estudio de factibilidad técnico y económico

El estudio de factibilidad técnico considera los elementos y condiciones que se requieren para implementar un sistema de generación de energía con paneles solares en un edificio de supermercados. Estos requerimientos son citados a continuación:

1. Condiciones estructurales del edificio
2. Factor climatológico
3. Ubicación geográfica y orientación del edificio
4. Demanda de energía por hora
5. Demanda de energía histórico
6. Capacidad de generación

La viabilidad técnica de la implementación de paneles solares debe ser analizada en conjunto ya que estos factores definirán si el proyecto puede llevarse a cabo.

2.2.2.3.2. Modelado de la factibilidad económica

Se utilizará el análisis financiero que servirá para conocer la viabilidad y rentabilidad del proyecto antes de ejecutarlo.

Soto et al (2017) afirma:

Es como un conjunto de instrumentos o herramientas que sirven para evaluar y analizar e interpretar información económica y por medio de éstos resultados, con los cuales las

direcciones financieras o administradores tomarán las decisiones, para disminuir los riesgos en la organización.(p. 10)

El estudio de factibilidad económico considera el análisis de las variables y dimensiones económicas que determinarán la viabilidad financiera del mismo, en este proceso se consideran los flujos de efectivo ocasionados por los ahorros proyectados en no pago de factura eléctrica son los que finalmente evidenciarán si el proyecto se puede realizar. Los elementos para analizar desde el punto de vista financiero son los siguiente:

1. Tarifa eléctrica; aumento anual en el costo de la energía
2. Proyección de ahorros mensuales
3. Demanda de energía mensual
4. Inversión inicial
5. Tiempo de recuperación de la inversión
6. Proyección de flujos de efectivo
7. Valor presente neto
8. Tasa interna de retorno
9. Índice de rentabilidad
10. Costo de oportunidad
11. Depreciación
12. Amortización

2.2.2.4 Mediciones y evaluación de la factibilidad técnica y económica.

Dividiendo el proyecto en los dos bloques fundamentales: económico y técnico, podemos analizar los elementos siguientes para medirlos y evaluarlos:

2.2.2.4.1 Factibilidad técnica

Técnicamente, en el proyecto de autogeneración de energía con paneles solares para supermercados A y B, se debe evaluar y medir la demanda actual de cada uno de los supermercados en kWh.

Se evalúa el área de techo disponible con un software con vista área y así determinar que disponibilidad de espacio se tiene para los paneles. Con este mismo software se analiza la orientación del techo en cada uno de los supermercados, de manera que se pueda identificar si la orientación cumple con los requisitos para la adecuada captación de la energía solar.

Para este estudio se toma la evaluación de la irradiancia solar en las ciudades de San Pedro Sula y Tegucigalpa donde se encuentran ubicados los supermercados A y B.

2.2.2.4 .2 Factibilidad Económica

Utilizando indicadores financieros que nos permitan conocer el valor de la inversión inicial, la cantidad de ingresos percibidos como ahorro en el no pago de energía eléctrica, se podrá medir y evaluar la factibilidad de este proyecto desde la parte económica.

En cierto punto, la cantidad de kWh producidos en el proyecto de autogeneración de energía con paneles solares, se convertirán a moneda nacional utilizando las tarifas del sector comercial y de esta forma, se conocerán los flujos que pretende generar este proyecto. Con indicadores que nos permitan comparar la inversión inicial con estos flujos y saber cuántos ingresos se generará por ahorro después de pagada la inversión, podremos saber la rentabilidad del proyecto.

2.2.3 Autogeneración de energía con paneles solares

2.2.3.1 Definición de autoproducción de energía con paneles solares

Galdiano Hernández (2011) afirma: “Es el aprovechamiento de la energía solar para su transformación directa en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico que consiste en la conversión de energía luminosa en energía eléctrica” (p. 73).

Tobajas Vásquez & Carlos (2014) Afirma: “Es aquella que transforma la radiación solar en electricidad para la utilización en aparatos eléctricos de las viviendas e instalaciones específicas” (p. 7).

Esta producción de energía puede ser utilizada en demanda o almacenada con dispositivos adicionales que complementan un sistema solar fotovoltaico.

2.2.3.2 Variables y Dimensiones de la autogeneración de energía con paneles solares

2.2.3.2.1 Potencia Instalada

“Potencia instalada o potencia nominal es la potencia que ha sido proyectada y construida en una máquina o aparato” (Rodríguez, 2019, p. 6)

Las dimensiones de potencia instalada son:

1. Área de paneles
2. Configuración de granja solar
3. Tecnología de generación solar
4. Punto de equilibrio

2.2.3.2.2 Precio

“Valor, estimación, importancia o crédito” (RAE, 2014, p. 7073). El precio del kilowatt hora está determinado por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica y varía trimestralmente.

Las dimensiones del precio para el proyecto de autogeneración con paneles solares son los siguientes:

1. Precio del kilowatt instalado
2. Precio de compra de kilowatt

2.2.3.3 Modelado de autogeneración con paneles solares

En el cálculo de una granja solar para auto generación se toman en cuenta varios aspectos técnicos y económicos y así se garantiza la factibilidad del proyecto, la demanda de energía del edificio, área de techo disponible, tipo de panel, entre otros.

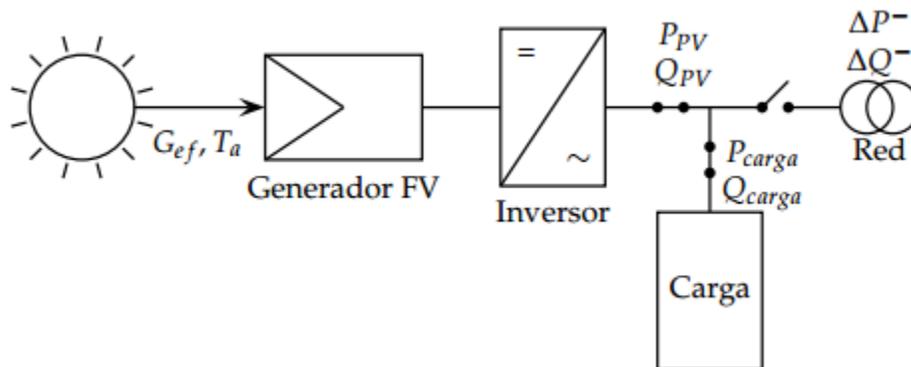


Figura 18 Diagrama básico de un sistema de generación solar conectado a la red eléctrica.

Fuente: (Lamigueiro, 2020, p. 75)

Los componentes generales de un sistema de generación fotovoltaica se detallan a continuación:

Panel solar o generador fotovoltaico es el elemento del sistema que realiza la captación de la radiación y realiza el proceso de transformación de la energía de radiación solar a energía eléctrica.

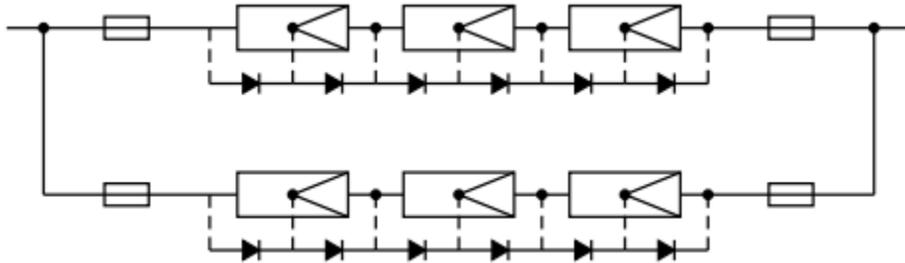


Figura 19 Esquema de un generador fotovoltaico

Fuente: (Lamigueiro, 2020, p. 63)

La señal de potencia suministrada por un generador fotovoltaico iluminado es en tensión continua, que debe ser acondicionada para permitir el correcto acoplamiento a la red eléctrica, el inversor generalmente funciona como fuente de corriente auto conmutada y sincronizada con la red. (Lamigueiro, 2020, p. 69)



Figura 20 Inversores SMA Sunny en instalación fotovoltaica a nivel de piso

Fuente: (SMA, 2020, p. 3)

Los sistemas fotovoltaicos consideran diversas protecciones ante sobrecargas, posibles cortocircuitos a la entrada del sistema, detección de ausencia de consumo, detección de ausencia de alimentación eléctrica de la red nacional por temas de seguridad humana.

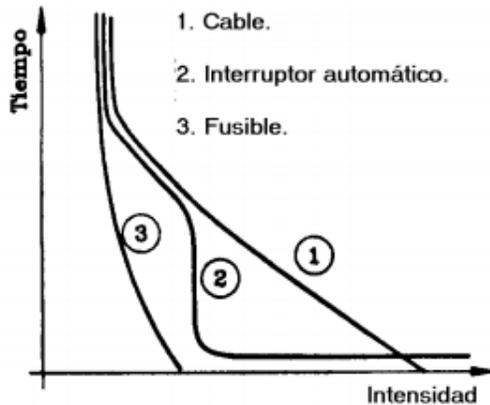


Figura 21 Curva característica de protecciones en sistemas eléctricos

Fuente: (Rosas, 2000, p. 174)

Específicamente en los inversores se encuentran protecciones establecidas por normas comunitarias de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética (ambas certificadas por el fabricante).

Las fuentes antes mencionadas son:

- Cortocircuitos en corriente alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como micro cortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red (Pareja Aparicio, 2010, p. 44)

2.2.3.4 Medición y evaluación de autogeneración de energía con paneles solares

Para el cálculo de la granja solar en los supermercados A y B se considera la irradiancia solar en la zona de Tegucigalpa y San Pedro Sula respectivamente. Dadas la ubicación geográfica de Honduras dentro del cinturón solar la mayor parte del territorio nacional es apto para la implementación de paneles solares con altas prestaciones del sistema.

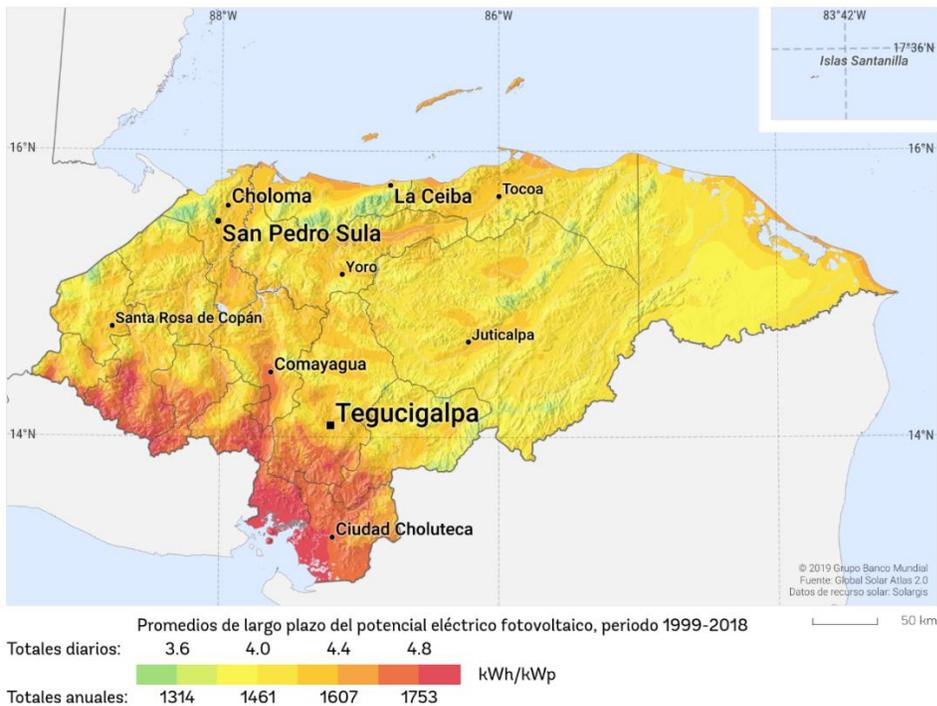


Figura 22 Mapa de potencial de generación solar en Honduras

Fuente: (Solargis, 2018)

2.2.4 Supermercados

2.2.4.1 Definición

“Establecimiento comercial de venta al por menor en el que se expenden todo género de artículos alimenticios, bebidas, productos de limpieza, etc. Y en el que el cliente se sirve así mismo y paga a la salida” (RAE, 2014, p. 8190)

2.2.4.2 Variables y dimensiones de los supermercados.

2.2.4.2.1 Área

“Extensión de la superficie expresada en una unidad de medida. Unidad de superficie equivalente a 100 metros cuadrados” (RAE, 2014, p. 877)

Las dimensiones de área son:

1. Área de techo disponible
2. Orientación

2.2.4.2.2. Localización

“Acción o efecto de localizar. Localizar es determinar o señalar el emplazamiento que debe tener alguien o algo” (RAE, 2014, p. 5459)

La localización de los supermercados A y B es Tegucigalpa y San Pedro Sula respectivamente donde se consideran las dimensiones siguientes:

1. Irradiancia en supermercado A y B
2. Condiciones climatológicas en supermercados A y B

2.2.4.3 Modelado de supermercados

La concentración del consumo de energía en los supermercados está en sistemas electromecánicos como la refrigeración y el aire acondicionado. A continuación, se presentan plantas típicas con distribución de equipos y sistemas de alto consumo de energía. Protoaire o rack de refrigeración de acuerdo a la marca que se seleccione para ser el centro del sistema refrigerado.

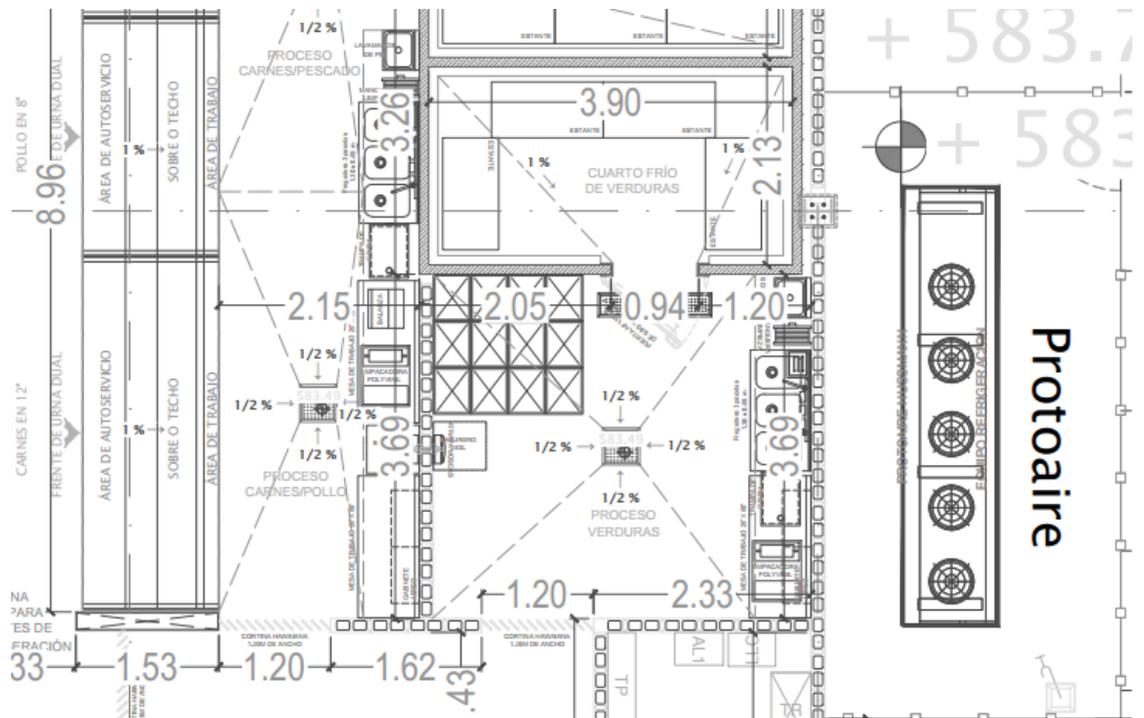


Figura 23 Distribución típica en área de servicio en supermercado

Fuente: (COYSOSA, 2021a)

Los muebles refrigerados de autoservicios se ubican convenientemente en un lugar alejado de puertas, ventanas o lugares que aporten carga térmica a los mismos. Generalmente están ubicados al fondo del supermercado para que trabajen con la menor incidencia de las temperaturas ambientales externas. Muchas veces por cuestiones de espacio o mala planificación arquitectónica, aun estando ubicados en el fondo, reciben mucho calor exterior por medio del calentamiento de paredes que reciben bastantes horas de sol. Esto es un factor influyente que es muchas ocasiones no se considera y puede ser encontrado durante una auditoría energética.

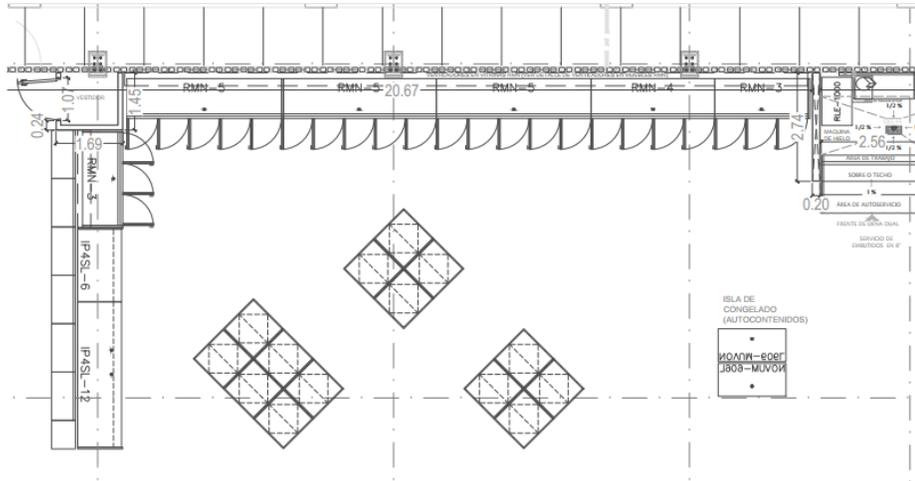


Figura 24 Distribución de muebles de autoservicio de lácteos, bebidas y verduras

Fuente: (COYSOSA, 2021)

Los equipos de aire acondicionado son instalados en techo con distribución de aire utilizando ductos tipo hexágono y difusores direccionados hacia los 6 lados de la unidad y así lograr una distribución del aire uniforme.

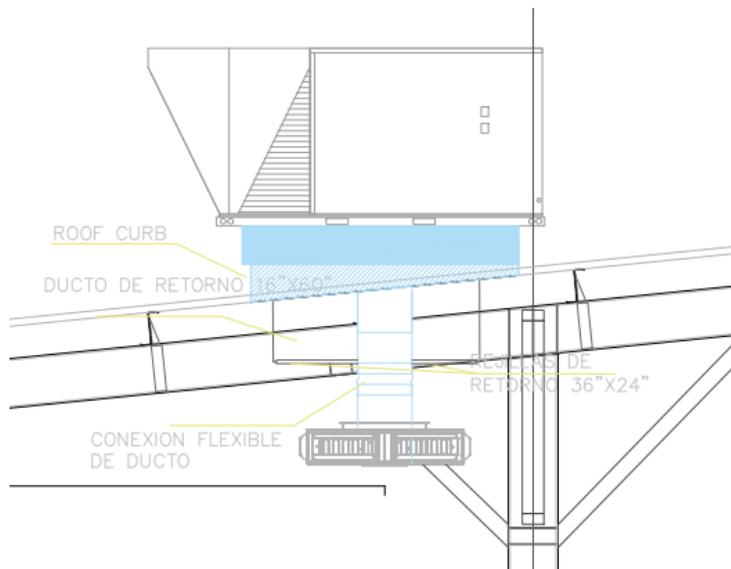


Figura 25 Vista lateral de unidad tipo paquete con ducto tipo hexágono.

Fuente: (COYSOSA, 2021)

2.3. Conceptualización

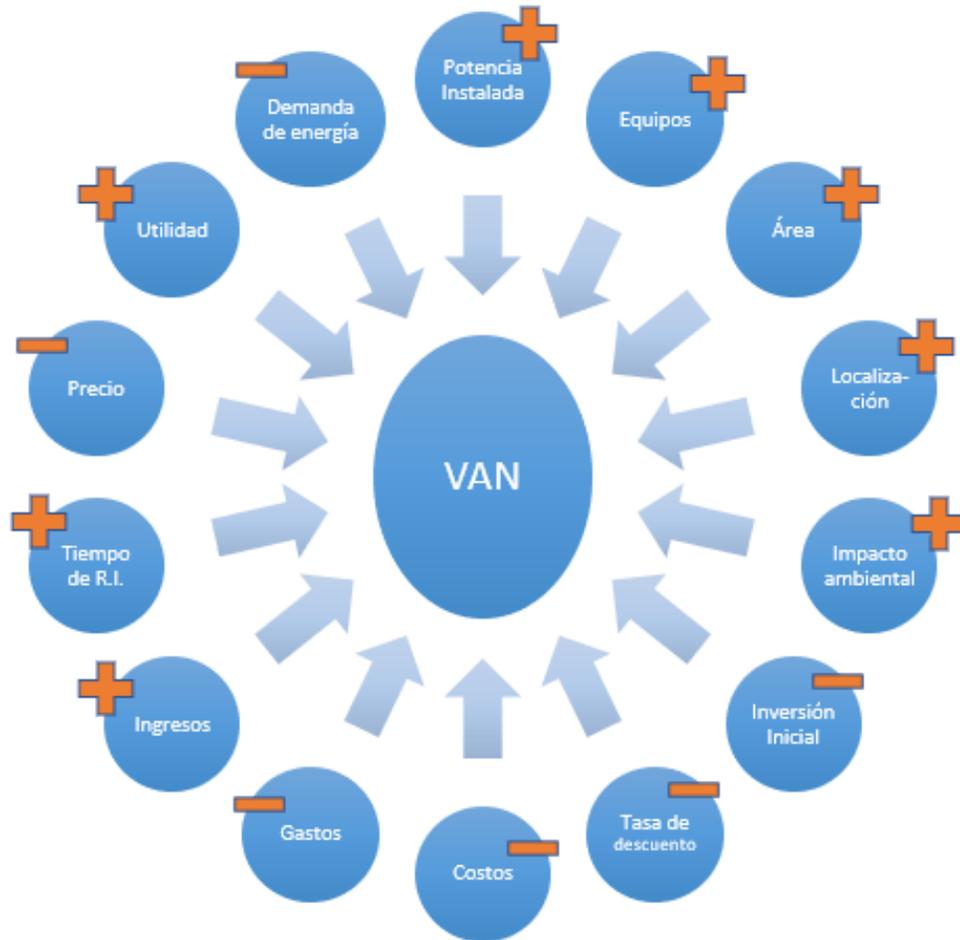


Figura 26 Conceptualización de variables

Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 VAN

Buenaventura (2018) argumenta que el VAN representa el incremento de la riqueza.

El VAN se calcula así: Ver ecuación 1.

$$VAN = \left[\sum_{t=1}^n FE(t) * (1 + i)^{(0-t)}(t) \right] + I(0)$$

(1)

Donde:

FE (t): Flujo de efectivo neto del periodo t

i: Tasa de expectativa u oportunidad

n: Periodos de vida útil del proyecto.

I (0): Inversión neta inicial (Ingresos y egresos)

Esta variable determinará las ganancias en términos netos del proyecto de los supermercados A y B tomando en cuenta la inversión inicial pagada a COYSOSA, y considerando además los gastos e ingresos futuros.

.

2.3.1.1 Flujo de caja

“Representa ingresos y egresos de caja de un determinado período, a través 4 de esa herramienta se puede verificar la capacidad de la organización de honrar sus compromisos con terceros en los plazos establecidos o no” (Salazar et al., 2018, p. 3)

Mediante los flujos de caja podremos determinar la cantidad de ingresos y egresos que los supermercados tengan durante un período determinado mediante el cual se podrán aplicar variables financieras e indicadores que muestren la rentabilidad o no rentabilidad del proyecto.

El VAN es la variable dependiente de esta investigación.

2.3.1.2 TIR

“Para un negocio de inversión, la TIR es la tasa de interés que genera el capital que permanece invertido (no se ha recuperado) en él; y para un negocio de financiación, la TIR es la tasa de interés que se paga por el saldo de deuda” (Buenaventura, 2018, p. 31)

Esta dimensión ayudará a determinar la factibilidad financiera del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares en supermercados, pues es la tasa de descuento para la cual el VAN es igual a cero.

Mete (2014) define:

“Es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Se relaciona con la VAN y es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0” (p. 5).

La TIR se calcula así. Ver ecuación 2.

$$\sum_{t=0}^n FE / (1 + TIR)^t = VAN = 0 \quad (2)$$

Donde:

TIR: Tasa interna de retorno

VAN: Valor actual neto

FE (t): Flujo de efectivo neto del periodo t

n: Periodos de vida útil del proyecto.

2.3.1.3 Índice de rentabilidad

Este es un indicador que servirá para saber la cantidad dinero que el proyecto devuelve por cada unidad monetaria invertida. De esta forma, se podrá determinar cuántos lempiras regresan a las arcas de los supermercados por cada lempira invertido en la compra del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares a COYSOSA.

2.3.1 Ingresos.

“Entrada de recursos monetarios de una persona, una empresa, un organismo o un país, como consecuencia de haber realizado alguna actividad o transacción económica” (Cárdenas Cutiño & Daza Ramirez, 2004, p. 163)

Los ingresos que los supermercados A y B reciben del proyecto son producidos por la energía eléctrica generada que sustituye la compra parcial de energía al proveedor eléctrico nacional. La afectación de esta variable sobre la variable dependiente de la investigación es positiva.

2.3.1.1 Ahorro

“Producción no consumida que puede invertirse como excedente” (Cárdenas Cutiño & Daza Ramirez, 2004, p. 34). Uno de los objetivos de los supermercados es bajar los costos operativos en este caso energía eléctrica que se traslada al precio de venta de artículos de venta, así poder ser más competitivos frente a la competencia.

2.3.2 Gastos.

Reconocimiento de que la empresa ha recibido una mercancía por el que ha de pagar una cierta cantidad en el mismo momento, o en un tiempo posterior. En el primer caso se produce un pago, al salir efectivo de la caja de la empresa. (Cárdenas Cutiño & Daza Ramírez, 2004, p. 149)

Las dimensiones de los gastos en el proyecto de generación con paneles solares se describen a continuación:

2.3.2.1 Impuestos.

Contribuciones establecidas en ley que deben pagar las personas físicas y morales que se encuentren en la situación jurídica o de hecho prevista por la misma. En el sistema impositivo, el tributo que recae sobre el contribuyente, para de este modo subsidiar al gasto público. (Cárdenas Cutiño, 2004, p. 158).

Para el sistema de generación se pagan impuestos en mano de obra, materiales y otros insumos del sistema. La afectación de esta variable sobre la variable dependiente de la investigación es negativa.

2.3.2.2. Inflación.

“Incremento en el nivel general de precios.” (Cárdenas Cutiño & Daza Ramírez, 2004, p. 161)

El aumento del costo de vida y en general de los precios de suministros, costo de mano de obra es un factor que incide directamente en el proyecto elevando el precio del kilowatt instalado.

2.3.4. Utilidad

Propiedad de una erogación que posee la característica de tener un valor continuado. Antes se aplicaba a las erogaciones relacionadas con la adquisición de activos fijos, pero actualmente se ha ampliado a otros tipos de erogaciones cuyo valor en principio no se agota dentro del periodo contable corriente. (Cárdenas Cutiño & Daza Ramírez, 2004, p. 262)

El objetivo de toda empresa comercial es obtener beneficios económicos por las inversiones, en este caso al bajar los costos operativos del supermercado y generar ahorros se

produce una ventaja competitiva que ayuda a la compañía a aumentar las ventas. La afectación de esta variable sobre la variable dependiente de la investigación es positiva.

2.3.4.1. Utilidades Retenidas

“Son los beneficios que se reinvierten en el negocio después de que se han pagado los dividendos a los accionistas” (Cárdenas Cutiño & Daza Ramírez, 2004, p. 262)

2.3.5 Costos.

Cantidad de recursos introducidos en la producción de un bien o que incrementan en inventarios. Reunión de dos o más conceptos de costo de gastos o de ambos. Suma de esfuerzos y recursos que se invierten para un objetivo.

Los sistemas de paneles solares tienen bajos costos operativos, el mantenimiento recomendado es limpieza y ajuste de conexiones. La dimensión del costo operativo del sistema de paneles solares está dada por el valor pagado por el mantenimiento de los equipos luego del año de garantía. La afectación de esta variable sobre la variable dependiente de la investigación es negativa.

2.3.6. Potencia Instalada

“La potencia instalada en la industria eléctrica es la sumatoria de las capacidades reales de generación de cada central eléctrica” (Tamayo, 2016, p. 16)

La potencia instalada o capacidad de generación de energía de la planta solar es determinado por factores como área disponible para instalar paneles, configuración, tipo de paneles, equipos complementarios y todo esto apuntará a satisfacer total o parcialmente la

demanda de energía del edificio. La afectación de esta variable sobre la variable dependiente de la investigación es positiva.

2.3.6.1 Área de paneles

Sección de terreno o estructura donde se instalan los paneles solares. Se evalúa las condiciones que requieren los paneles para su funcionamiento y se determina la cantidad de los mismos de acuerdo a la disponibilidad de área.

2.2.6.2. Configuración de granja solar

El arreglo de paneles que se instala puede conectarse en serie donde la corriente que se genera en cada panel es la misma que circula por todo el circuito, en cambio en la configuración paralelo donde la corriente total es la sumatoria de las corrientes generadas en cada uno de los paneles y conexión mixta en la cual se combinan las configuraciones serie y paralelo dependiendo de la necesidad y condiciones para la instalación del techo.

2.3.6.4. Kilowatts necesarios para punto de equilibrio

Nivel de producción en el que los ingresos por ventas son exactamente iguales a la suma de los costos fijos y los variables. La utilidad general que se le da es que es posible calcular con mucha facilidad el punto mínimo de producción al que debe operarse para no incurrir en pérdidas, sin que esto signifique que, aunque haya ganancias éstas sean suficientes para hacer rentable el proyecto. (Baca Urbina, 2006, p. 150).

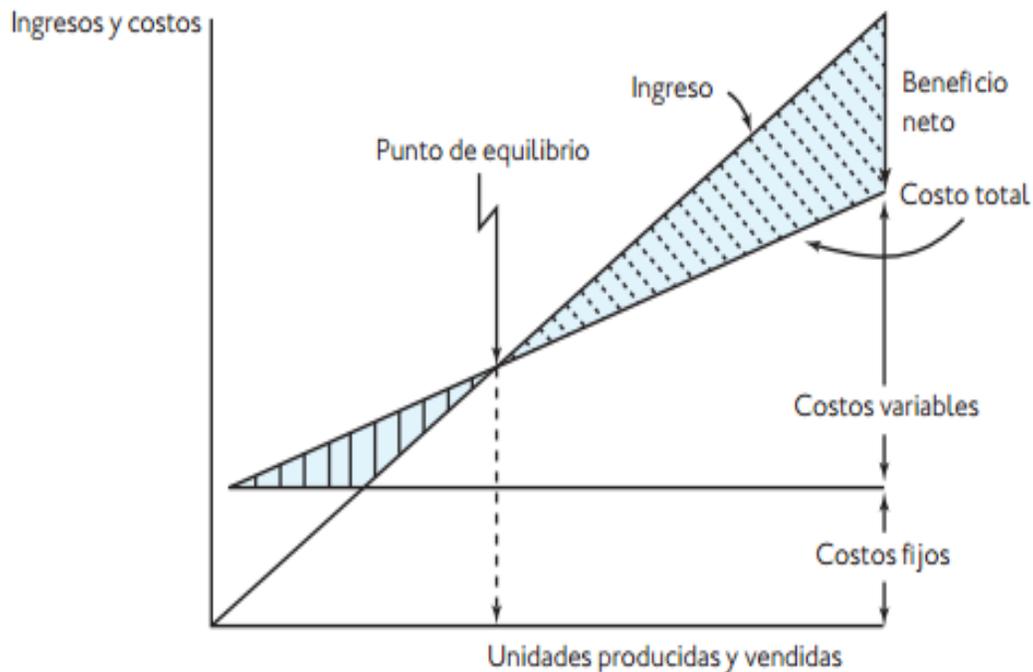


Figura 27 Grafica de punto de equilibrio

Fuente: (Baca Urbina, 2006, p. 150).

Para que el proyecto alcance el punto de equilibrio se analiza la producción de energía, es decir, se busca encontrar la producción en kilowatts para llegar a los ahorros proyectados y cumplir los indicadores esperados.

2.3.7. Demanda energética

“La medida del máximo requerimiento de energía de un sistema, parte de este o el total de la carga conectada al sistema de suministro” (Earley & Sargent, 2011, p. 25)

La afectación de la demanda a la variable de estudio de esta investigación es negativa.

2.3.4.1. Tarifa eléctrica

“Es el componente del precio de la electricidad que se refiere al consumo de la instalación en kilovatios para todas y cada una de las horas de un día, de acuerdo a los receptores existentes en cada instalación” (Ruiz Conde, 2008, p. 21)

Para los supermercados A y B se ha establecido tarifa de media tensión, esto se debe a que cada uno cuenta con un transformador que recibe la energía y baja el voltaje para su uso interno. Es de conocimiento general que el año 2020 fue un año atípico por la pandemia Covid-19, sin embargo, la apertura de la economía, la eliminación de las normas de confinamiento y toque de queda, permiten en el 2021 tener un panorama más claro de cualquier variable que deseamos medir o analizar. Aún y cuando el primer trimestre del 2021 aún se vio afectado por la pandemia, fue un trimestre con más visitas a los supermercados en nuestro país, que ya se encontraban abiertos al público y no solo atendiendo pedidos a domicilio. Los horarios de atención se redujeron y esto significa menos horas de gasto energético respecto a 2019, pero si mayor que 2020.

La tabla 7 a continuación muestra la distribución de las tarifas en el mercado eléctrico nacional determinado por la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREE) para el primer trimestre de 2021.

La distribución de tarifas de la CREE considera el cargo fijo, el precio de la potencia y el precio de la energía tanto en baja como en media y alta tensión, recordando que los supermercados y gran parte del sector comercial e industrial de nuestro país, se encuentran en el segundo rango de servicio.

Tabla 7 Tarifa eléctrica primer trimestre 2021

SERVICIO	Cargo Fijo	Precio de la Potencia	Precio de la Energía
	L/abonado-m	L/kW-mes	L/kWh
Servicio Residencial			
Consumo de 0 a 50 kWh/mes	56.28		3.3657
Consumo mayor de 50 kWh/mes	56.28		
Primeros 50 kWh/mes			3.3657
Siguientes kWh/mes			4.3796
Servicio General en Baja Tensión	56.28		4.4082
Servicio en Media Tensión	2,420.23	304.7970	2.6437
Servicio en Alta Tensión	6,050.58	263.1260	2.4725

Fuente: (CREE, 2021, p. 1)

2.3.7.2 Consumo de energía

Energía: “Capacidad de realizar un trabajo se mide en julios, proveniente de fuentes distintas a las habituales como carbón, gas, petróleo” (R. ASALE & RAE, 2014, p. 3589)

Por lo tanto, el consumo energético es la cantidad de energía utilizada en algún punto específico y medible.

El consumo de energía eléctrica en los supermercados A y B origina la necesidad de reducción de costos por el consumo de energía en los sistemas electromecánicos, actividades de la operación y en muchos procesos necesarios para el funcionamiento de un supermercado. Ya que no se puede dejar de consumir energía porque se detendría cualquier proceso del supermercado la

búsqueda de alternativas de eficiencia y las iniciativas para reducción de costos harán que el supermercado sea más competitivo.

2.3.7.3 Eficiencia Energética:

“La capacidad de un uso, equipo, instalación o proceso para realizar su función con el menor consumo energético posible, de la misma forma se puede entender el ahorro” (Salazar, 2018, p. 1)

La eficiencia energética es el conjunto de procesos que los supermercados A y B han utilizado para disminuir la cantidad de energía consumida en sus instalaciones. Incluye eficiencia en cambio de luminarias, cambio de equipos de refrigeración y aire acondicionado más eficientes.

2.3.8. Equipos

Una parte primordial de un sistema solar fotovoltaico son los captadores solares que son los que convierten la energía solar en energía eléctrica.

En la figura siguiente podemos apreciar el circuito equivalente a un panel solar fotovoltaico. En él podemos apreciar que la corriente que ingresa a la carga es equivalente a la diferencia entre la corriente que genera la célula fotovoltaica (I_L) y la que circula por el diodo (I_D).

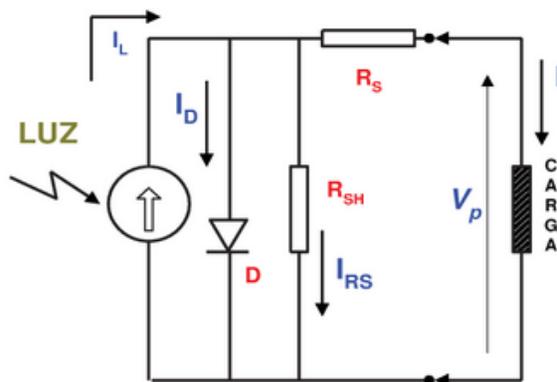


Figura 28 Circuito del panel solar

Fuente: (Gimeno & Seguí, 2011, p. 29)

“Para llevar a cabo esta conversión se utilizan unos dispositivos denominados células solares, constituidos por materiales semiconductores en los que, artificialmente, se ha creado un campo eléctrico constante”. (Bayod, 2009, p. 28)

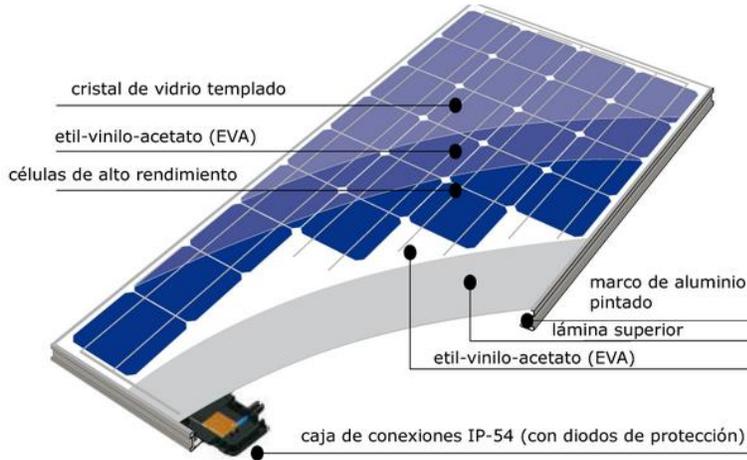


Figura 29 Panel solar fotovoltaico

Fuente: Bayod (2009)

Para el proyecto de autogeneración de energía con paneles solares en edificios de supermercados se utilizarán paneles monocristalinos del proveedor Canadian Solar.

Tabla 8 Especificaciones

Electrical Data		Mechanical Data	
Pmax	435 - 460W	Cell type	Mono-Crystalline
Opt. Operating voltage	40.5 - 41.5V	Arragement	144 (2 x 12 x 6)
Open Circuit Voltage	48.5 - 49.5 V	Dimensions	2108 x 1048 x 35 mm
Operating temperatura	-40 + 85	Weight	24.3Kg
Power Tolerance	0 - +10W		

Fuente: Elaboración propia con datos de (Canadian Solar, 2021b, p. 3)

2.3.8.1 Tipos de paneles

Los tipos de paneles solares según su composición son los siguientes:

1. Paneles de silicio monocristalino.
2. Paneles de silicio policristalino.
3. Paneles de silicio amorfo.
4. Paneles de policristalinos de lámina delgada.
5. Paneles para el espacio.
6. Paneles de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre.
7. Paneles de telurio de cadmio.
8. Paneles de seleniuro de cobre e indio.
9. Paneles de arseniuro de galio o de concentración.
10. Paneles bifaciales.(Rosas, 2000, p. 40)

2.3.8.2. Marcas de paneles solares

Las marcas de paneles solares que para el 2019 lideraban el mercado mundial son las siguientes:

Tabla 9 Principales marcas de paneles solares a nivel mundial

2019 Ranking	Solar PV Manufacturer	2018 panel shipments	2019 panel shipments	% Growth
1	Jinko Solar Holding Co. Ltd.	11.4	14.2	25%
2	JA Solar Holdings Co Ltd	8.8	10.3	17%
3	Trina Solar Limited	8.1	9.7	20%
4	LONGi Solar Technology Co Ltd	7.2	9	25%
5	Canadian Solar Inc.	7.1	8.5	20%
6	Hanwha Q CELLS Co., Ltd	5.5	7.3	33%
7	Risen Energy Co., Ltd	4.8	7	46%
8	First Solar Inc.	2.7	5.5	104%
9	GCL System Integration Technology Co., Ltd	4.1	4.8	17%
10	Shunfeng Photovoltaic International Limited	3.3	4	21%

Fuente: Elaboración propia con datos de (Roca, 2020, p. 1).

2.3.8.3 Equipo complementarios

2.3.8.3.1 Inversor

Es necesario poder convertir la energía que se obtiene del sol, en energía que pueda ser utilizada en el sistema comercial para los supermercados A y B de este proyecto.

Las energías alternativas suelen producir corriente continua mientras que las cargas que se utilizan en la industria y viviendas son de corriente alterna, por lo que es necesario un convertidor de potencia que permita la conversión de la corriente continua a corriente alterna (Gimeno & Seguí, 2011, p. 78)

2.3.8.3.2 Estructura de soporte

Para lograr un máximo aprovechamiento de la energía solar es necesario que los paneles receptores tengan un grado de inclinación y orientación específico. Para esto se necesita una estructura de soporte. Estas deben ser adecuadas para instalación a la intemperie y materiales que no permitan la corrosión. (Bayod, 2009).

Hay ciertos tipos de soporte que mediante un sistema electromecánico se convierten en sistemas de seguimiento, para tratar de mejorar los índices de captación solar de manera que la superficie de los paneles permanezca en el mayor grado posible, perpendicular al sol. Para este estudio en particular se utilizan soportes convencionales, anclados.

2.3.9. Inversión Inicial

Baca Urbina, (2006) nos menciona que la inversión inicial conlleva todos los bienes que se adquieren. Tanto los tangibles como los intangibles.

Los bienes tangibles para el supermercado A y B en este proyecto comprenden los paneles solares, inversor, estructura de montaje y rodos los que están incluidos en la propuesta de

COYSOSA Como intangibles podemos mencionar el mantenimiento que COYSOSA brindará el primer año como parte de la venta del proyecto y la garantía por un período de tiempo.

Comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo.

Traerá al tiempo presente todos los flujos de caja descontándolos a una tasa de interés determinada para demostrar que el proyecto de generación de energía eléctrica en supermercados es viable.

2.3.10. Depreciación

Aplicado al activo fijo, ya que, con el uso, los bienes pierden valor.

Sapag Chain (2001) enseña: “Depreciación es la pérdida del valor contable de un activo fijo. Este no constituye un egreso de caja, pero es posible restarlo de los ingresos para reducir la utilidad y con ello los impuestos”.(p. 63).

Mientras transcurra el tiempo en el que los paneles solares se encuentren instalados en los edificios de supermercado A y B, irán perdiendo el valor con el que se compraron inicialmente debido a su uso y desgaste normal de su tiempo de vida útil.

2.3.11. Amortización

“Significa el cargo anual que se hace para recuperar la inversión” (Baca Urbina, 2006, p. 63). Esto es para activos intangibles, sin embargo, hay muchos activos intangibles que no pierden valor.

2.3.12. Precio

Valor en dinero que se le asigna a un bien. En contabilidad, valor al que se llega después de un análisis de costos, al que se le adiciona el beneficio esperado, formándose el valor económico que debe ser pagado por el comprador. (Cárdenas Cutiño & Daza Ramirez, 2004, p. 219)

El precio del proyecto está relacionado con el valor económico que tiene la inversión realizada. Un indicador comúnmente usado es el precio del kilowatt instalado.

El precio del kilowatt solar instalado incluye el valor económico del proyecto dividido entre los kilowatts que genera.

2.3.13 Área.

“Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites. Espacio en el que producen ciertos fenómenos o que se distingue por ciertos caracteres geográficos, botánicos, zoológicos, económicos, etc” (RAE, 2014, p. 877)

Para la instalación de paneles solares se requiere área destinada específicamente para la actividad, libre de obstrucciones de la radiación solar. El área requerida para instalar la potencia de generación deseada está definida por varios factores entre ellos la irradiancia solar de la zona, orientación de techo, entre otros.

Esta variable afecta de manera positiva a la variable dependiente.

2.3.13.1 Área de techo disponible

Para poder determinar el tamaño óptimo de la granja solar se debe conocer tiempos y movimientos del proceso de manera puntual y certera. Si esto no es posible, se puede optar por diseñar y calcular esos datos con ingenio y ciertas técnicas. (Baca Urbina, 2006).

Los factores por considerar para seleccionar el área de instalación son determinantes en el éxito del proyecto ya que afectan directamente los costos de instalación del mismo, a continuación, se detallan:

1. Potencia requerida para la instalación.
2. Cantidad de paneles requeridos para suministrar la potencia proyectada. Las dimensiones de los paneles solares Canadian Solar 1.04m de ancho por 2.11m de largo.
3. El área de techo o terreno seleccionada para la instalación debe cumplir con condiciones de orientación adecuadas, por lo general se instalan con orientación sur. Esto hace que la captación de radiación solar sea más efectiva durante el día.
4. Identificar sombras u obstrucciones que impidan un buen aprovechamiento de la radiación solar, total o parcialmente durante el día.
5. Revisión estructural de área seleccionada para asegurarse que el peso de los paneles y personal no se verá comprometido.(COYSOSA, 2021).

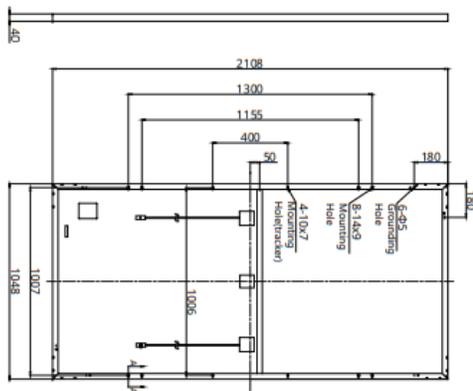


Figura 30 Dimensiones de panel fotovoltaico

Fuente: (Canadian Solar, 2021b, p. 3)

2.3.13.2 Orientación

Como regla básica los módulos fotovoltaicos deben orientarse hacia el sur, si nos encontramos en el hemisferio norte. Si nos encontráramos en el hemisferio sur habría que orientarlos hacia el norte. Es aceptable unas desviaciones de un +20% máximo respecto al sur geográfico. (Pareja Aparicio, 2010).

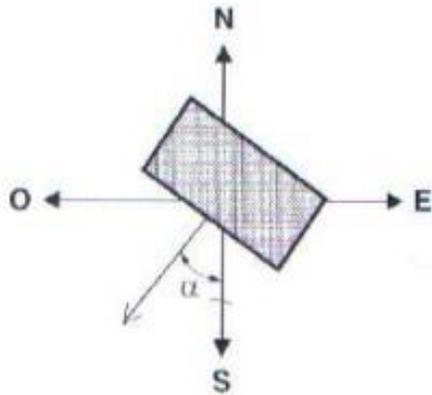


Figura 31 Ángulo de Azimut

Fuente: (Pareja Aparicio, 2010, p. 89)

En la figura 31 se aprecia una desviación con un ángulo respecto al sur geográfico. Dicho ángulo se le conoce como Azimut. Representa el valor de 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y $+90^\circ$ para módulos orientados al oeste. (Pareja Aparicio, 2010).

2.3.13.3 Inclinación

La cantidad de radiación incidente en el panel solar puede variar en relación al ángulo que esta forma respecto a la horizontal (inclinación). De esta forma, dependiendo de la inclinación, la captación de energía solar puede variar, llegando a su punto máximo cuando la posición de la placa sea perpendicular con la irradiación. (Pareja Aparicio, 2010).

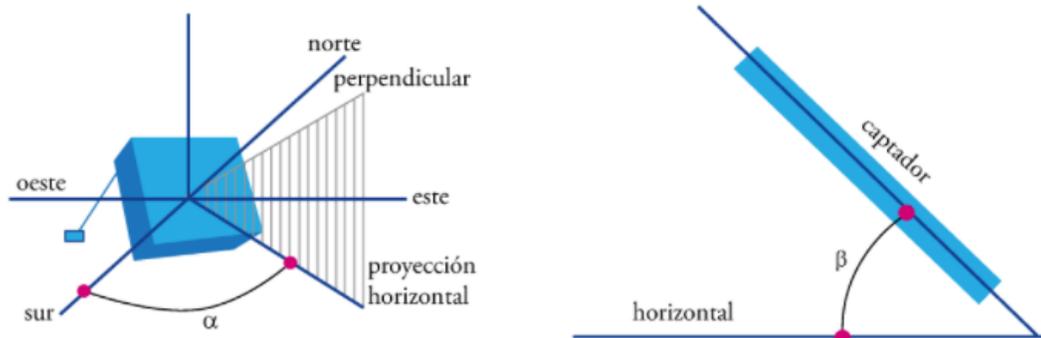


Figura 32 Ángulo de elevación y orientación de paneles.

Fuente: (Pina, 2018, p. 43)

“Se puede definir las horas de pico solar (HPS) como las horas de irradiación diarias, (o horas de luz), y cuyo valor puede variar desde tres a siete horas diarias, dependiente del mes y lugar de la instalación” .(Pareja Aparicio, 2010, p. 51).

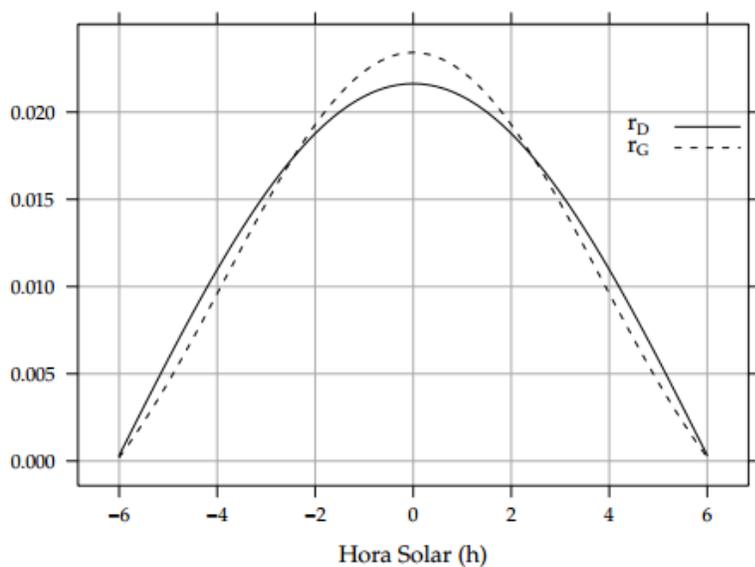


Figura 33 Curva característica de radiación solar 6am a 6pm

Fuente: (Lamigueiro, 2020, p. 32)

La inclinación de los paneles es diseñada para obtener el máximo provecho de la radiación solar la mayor parte del día.

2.3.14 Localización

“El objetivo general de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta” (Baca Urbina, 2006, p. 86)

El proyecto se realizará en los supermercados A y B ubicados en las ciudades de Tegucigalpa y San Pedro Sula respectivamente.

Esta variable afecta de manera positiva a la variable dependiente.

2.2.14.1. Condiciones climatológicas supermercado A.

En Tegucigalpa, la capital de nuestro país, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año. La parte más despejada del año en Tegucigalpa comienza aproximadamente el 18 de noviembre; dura 4.9 meses y se termina aproximadamente el 15 de abril. El 17 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 78 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 22 % del tiempo. La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 15 de abril; dura 7.1 meses y se termina aproximadamente el 18 de noviembre. El 5 de junio, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 92 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 8 % del tiempo. (weatherspark, 2019)

Si bien es cierto, los pronósticos cada día utilizan sistemas y tecnología más avanzada y precisa, esto sigue siendo un pronóstico y pueden variar con el tiempo. Sin embargo, son un punto de partida importante para determinar las condiciones climatológicas esperadas o promedio de años anteriores.

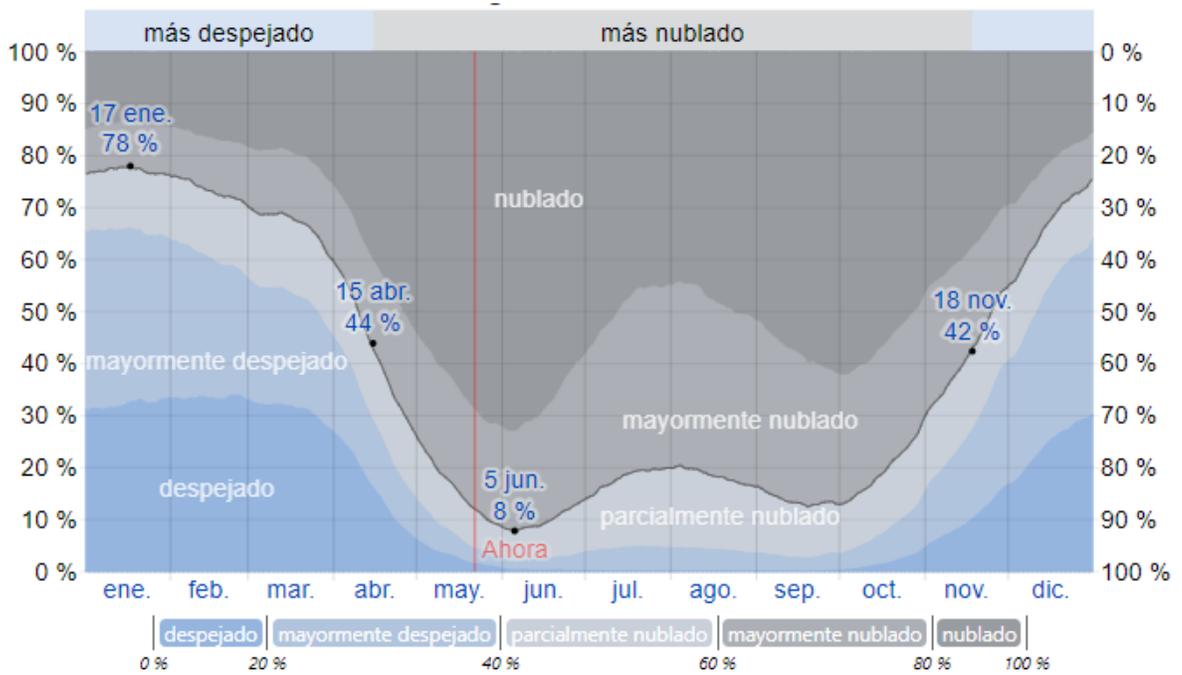


Figura 34 Clima San Pedro Sula durante el año

Fuente: (weatherspark, 2019, p. 3)

2.3.14.2. Condiciones climatológicas supermercado B.

En San Pedro Sula, capital industrial del país el promedio esperado del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año al igual que en Tegucigalpa.

La parte más despejada del año en San Pedro Sula comienza aproximadamente el 13 de noviembre; dura 5.4 meses y se termina aproximadamente el 25 de abril. El 27 de enero, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 77 % del tiempo y nublado o mayormente nublado el 23 % del tiempo. La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 25 de abril; dura 6.6 meses y se termina

aproximadamente el 13 de noviembre. El 14 de junio, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 90 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 10 % del tiempo. (Weather Spark, 2019a).

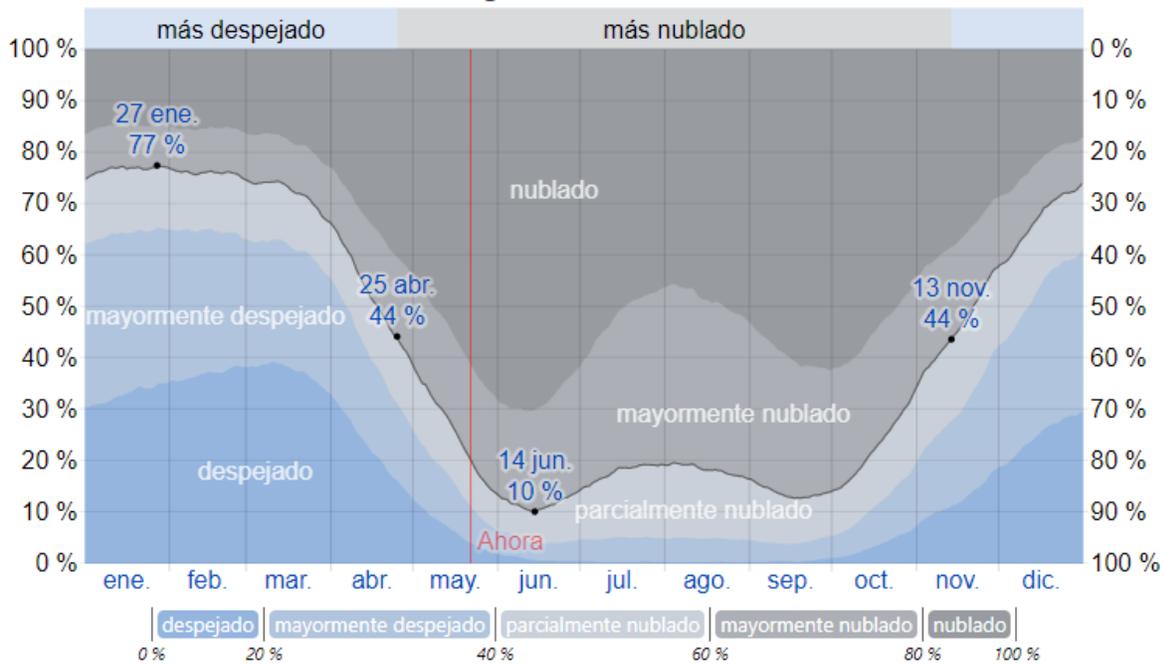


Figura 35 Condiciones del cielo en San Pedro Sula durante el año

Fuente: (Weather Spark, 2019b, p. 1)

2.3.14.3. Irradiancia

La irradiancia solar de la zona incide directamente en la producción de energía de la granja solar, esta se define en kilowatt por metro cuadrado recibido en un área determinada. La corriente eléctrica generada será proporcional a la irradiancia incidente, (ya que al aumentar la irradiancia aumenta el número de fotones), y dependerá también de otros parámetros (temperatura de la célula, temperatura

ambiente, velocidad y dirección del viento, etc.), siendo, por tanto, el funcionamiento de la célula muy variable. (Pareja Aparicio, 2010, p. 11).

Esto a su vez incide directamente en el proyecto en los supermercados A y B estableciendo las proyecciones de producción de energía mensual que se usan para calcular los indicadores financieros VAN, TIR e IR.

Para determinar el valor de radiación emitida existen dos términos que definen:

1. Irradiancia solar. Es la potencia radiante incidente por unidad de superficie sobre un plano dado, se expresa en KW/m²
2. Irradiación solar. Se la energía incidente por unidad de superficie sobre plano dado, durante un intervalo de tiempo, normalmente una hora o día, se expresa en KW/m². (Pina, 2018, p. 38)

La eficiencia de un panel solar es el cociente entre la potencia eléctrica producida por el módulo y la irradiación incidente sobre el mismo. Es decir, es el cociente entre la potencia máxima (PM) de la celda con la potencia luminosa (PL) recibida por la célula, tal y como se muestra a continuación. Ver ecuación 4:

$$\eta = \frac{P_M}{P_L} = \frac{V_L * I_L}{P_L} \quad (4)$$

η : eficiencia del panel

PM: potencia máxima

PL: potencia luminosa

VM: Tensión máxima

IM: Corriente de corto circuito

Las unidades importantes para poder averiguar la radiación solar y su incidencia en el panel solar son:

- Horario solar pico (HSP): cantidades de horas de sol, con una intensidad de radiación 1000 W/m^2 que inciden en el módulo solar.
3. Vatio pico (Wp): “Máxima potencia que puede recibir un panel o módulo fotovoltaico y coincide con una irradiancia de 1000 W/m^2 o 100 mW/cm^2 ” (Pina, 2018a, p. 39).

2.3.15. Devaluación

“Disminución en la paridad cambiaria de una moneda con relación a otra.” (Cárdenas Cutiño, 2004, p. 125).

La afectación de la devaluación del lempira frente al dólar se evidencia en el proyecto en la compra de los equipos, la mayoría de los equipos y suministros para la instalación de paneles solares se compran en dólares, los aumentos en el valor de dólar frente al lempira pueden representar pérdidas para la compañía.

La afectación de esta variable a la variable dependiente de esta investigación es negativa.

2.3.16. Tasa de descuento.

La tasa de oportunidad representa la tasa de interés correspondiente al costo de oportunidad. En un negocio de inversión, esta representa la mayor tasa de rentabilidad, entregada la alternativa de inversión más atractiva con el mismo nivel de riesgo y corresponde a la tasa mínima aceptable de retorno (TMAR) para el negocio o proyecto en estudio (Buenaventura, 2018, p. 27)

2.4. Instrumentos para medición

Verificar la información en la literatura acerca de los instrumentos con el objetivo de encontrar las respuestas a las preguntas de investigación. Esto agregado a la validez y confiabilidad de los mismos instrumentos cuando han sido empleados por otros investigadores y así como el procedimiento utilizado para replicar y validar la investigación. (UNITEC, 2015).

Son herramientas utilizadas para encontrar las respuestas a las preguntas de la investigación que se han planteado, estos son financieros y técnicos.

2.4.1. Instrumentos del estudio técnico

“El estudio técnico puede subdividirse a su vez en cuatro partes, que son: determinación del tamaño óptimo de la planta, determinación de la localización óptima de la planta, ingeniería del proyecto y análisis organizativo, administrativo y legal” (Baca Urbina, 2006, p. 8)

Para el proyecto de autogeneración con paneles solares en supermercados A y B se consideran específicos que ayudan a medir las variables de investigación.

2.4.1.1. Demanda de energía.

2.4.1.1.1 Analizador de Redes

“Dispositivo que se encarga de medir la mayoría de los parámetros de la potencia eléctrica, como son: armónicas de voltaje, corriente, potencia aparente, factor de potencia, potencia activa y distorsión armónica”.(Rivas, 2003, p. 2)

2.4.1.2. Potencia instalada.

Dentro de la potencia instalada definimos área de instalación de paneles, orientación, configuración de granja solar, entre otros. Para esto se requiere software especializado de geolocalización y diseño de instalaciones solares, a continuación, se describen:

2.4.1.2.1 Software de geolocalización

Software para medición de área e identificación de orientación, sombras existentes en el área y punto de geolocalización.

2.4.1.2.2 Software de cálculo de generación solar.

Software para cálculo de potencial de generación solar teniendo la geolocalización se determina el potencial de generación con el área disponible para paneles solares.

2.4.1.2.3 Entrevista

Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos. Adopta la forma de un diálogo coloquial y se define como la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto (Díaz-Bravo et al., 2013, p. 163)

2.4.1.2.4 Base de datos

Las bases de datos se usan para satisfacer las necesidades de información de muchas organizaciones e individuos en una variedad de áreas.

2.4.1.3 Equipos

Dentro de los insumos necesarios para llevar a cabo un proyecto, se debe seleccionar los más adecuados a la necesidad de este.

2.4.1.3.1 Software de selección de equipos

Es un software creado por un proveedor de un equipo, que ayuda a identificar cual de todos sus modelos se adapta de mejor forma a unas necesidades específicas para un cliente.

2.4.1.4. Localización.

Para la evaluación de la ubicación de las instalaciones seleccionadas se utiliza software que evalúa las condiciones climatológicas actuales e históricas, irradiancia solar.

2.4.1.4 Función monótona

Las funciones monótonas pueden ser crecientes o decrecientes.

RAE (2014) afirma: Uniformidad o igualdad. Falta de variedad en cualquier cosa. (p.5981)

Es una función de una variable, definida en un subconjunto de los números reales, cuyo incremento $\Delta f(x) = f(x') - f(x)$, para $\Delta x = x' - x > 0$, no cambia de signo, es decir, es siempre negativo o siempre positivo. Si $\Delta f(x)$ es estrictamente mayor (menor) que cero cuando $\Delta x > 0$, entonces la función se llama estrictamente monótona. (Sociedad matemática europea, 2020, p. 1)

2.4.2. Estudio económico.

“Su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario que proporcionan las etapas anteriores y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica”. (Baca Urbina, 2006, p. 8)

Para la realización del estudio económico se plantea la utilización de los flujos de efectivo generados por los ahorros que se producen por el no pago de energía eléctrica. La inversión inicial

realizada para la compra del proyecto de paneles solares, comparada con los ingresos generados por el ahorro de energía, nos permitirá conocer la utilidad. Esta misma será evaluada en el tiempo mediante la VAN para conocer las bondades económicas del proyecto.

“Flujo se designa un caudal de ingresos o de salidas de disponibilidades líquidas por cualquier hecho o conjunto de cuentas de un agente o conjunto de agentes económicos” (Bolsa de Valores de Guayaquil, 2012, p. 41).

2.5 Marco Legal

La legislación en temas energéticos que se debe revisar previo a un proyecto de generación solar de mediana escala como el de los supermercados A y B puede ser encontrada en los documentos listados a continuación.

2.5.1 Ley general de la industria eléctrica.

La ley general de la industria eléctrica desarrolla las disposiciones de la ley; reglamentar las actividades de generación, transmisión, operación, distribución y comercialización de electricidad en el territorio de la República de Honduras; la importación y exportación de energía eléctrica, en forma complementaria lo establecido en tratados internacionales sobre la materia, celebrados por el Gobierno de la República, y la operación del Sistema Interconectado Nacional, incluyendo su relación con los sistemas eléctricos de los países vecinos; así como, con el Sistema Eléctrico Regional y el Mercado Eléctrico Regional Centroamericano. (CREE, 2018)

La generación de energía eléctrica está regulada por esta ley y sus reglamentos, las empresas generadoras podrán vender sus productos a las entidades siguientes:

- I. Empresas distribuidoras;
- II. Consumidores calificados;

- III. Otras empresas generadoras;
- IV. Comercializadoras; y,
- V. Al mercado eléctrico de oportunidad nacional o regional.

En el caso de los generadores de energía con fuentes renovables quedarán vigentes las disposiciones contenidas en la Ley de Promoción para la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables y sus reformas, que no contravengan lo dispuesto en esta Ley.

(Congreso Nacional de Honduras, 2014, p. 11)

2.5.1.1 Reforma a la ley general de la industria eléctrica

Exoneración del pago del Impuesto Sobre Ventas para todos aquellos equipos, materiales, repuestos, partes, aditamentos, servicios y cualesquiera bienes y servicios que estén destinados o relacionados directamente con la infraestructura necesaria para la generación de energía eléctrica con recursos renovables, incluyendo, pero sin limitarse a sistemas, materiales, maquinarias y equipos para turbinar, generar, controlar, regular, transformar, y/o transmitir la energía. (Congreso Nacional de Honduras, 2013, p. 4)

2.5.2. Permisos de estudios

“La investigación y estudio, así como la eventual explotación posterior del viento o la radiación solar como fuentes de energía podrá efectuarse libremente en todo el territorio nacional”
(Congreso Nacional de Honduras, 2014, p. 8)

2.5.3. Medición bidireccional.

Las empresas encargadas de la distribución se verán forzadas a comprar el exceso de energía proveniente de fuentes de energía renovable generado por usuarios residenciales y comerciales y que inyecten de retorno a la red. Deberán acreditar los valores correspondientes en la factura mensual. Cada distribuidora deberá proponer a la CREE para su aprobación la tarifa que se aplicará a las compras mencionadas. Para ello, estos consumidores deben recibir la instalación de un medidor bidireccional de la distribuidora. El Reglamento regirá las normas relacionadas a la medición y a la liquidación mensual.(Congreso Nacional de Honduras, 2014). Esta sección de la ley es la que contempla el pago de energía por generación, es aplicable únicamente a generadores y distribuidores.

2.5.4. Inyección a la red

Pago por los excedentes de energía inyectados a la red. Los excedentes de energía inyectados por los Usuarios Auto productores a las redes de distribución y transmisión se remunerarán de la siguiente manera:

1. En el caso de Usuarios Auto productores residenciales y comerciales conectados a la red de distribución que utilicen exclusivamente fuentes de energía renovable, la energía inyectada será remunerada a la tarifa aprobada por la CREE a solicitud de la Empresa Distribuidora, la cual estará basada en los costos evitados a la Empresa Distribuidora debido a la inyección de energía que haga el usuario auto productor.
2. En el caso de Usuarios Auto productores residenciales y comerciales conectados a la red distribución que utilicen fuentes de energía que no sean exclusivamente renovables y de los Usuarios Auto productores industriales conectados a la red distribución, los excedentes de energía inyectados se pagarán de la siguiente forma:

- a) Si estos son Usuarios de la Empresa Distribuidora, ésta remunerará los excedentes al Precio Nodal del nodo en alta tensión de la subestación que alimenta el circuito de distribución en el que está conectado el Usuario Auto productor, durante los Periodos de Mercado en los que se realizó la inyección.
- b) Si estos son Agentes del Mercado Eléctrico Nacional, el ODS realizará la liquidación de la energía inyectada por el Usuario Auto productor como una transacción en el mercado de oportunidad, valorando la energía inyectada a la red al Precio Nodal del nodo en alta tensión de la subestación que alimenta el circuito de distribución en el que está conectado el Usuario Auto productor, durante los Periodos de Mercado en los que se realizó la inyección.
- c) En el caso de Usuarios Auto productores conectados a la red de transmisión, el ODS realizará la liquidación de la energía inyectada por el Usuario Auto productor como una transacción en el mercado de oportunidad, valorando la energía inyectada a la red al Precio Nodal del nodo en el que se realiza la inyección, durante los Periodos de Mercado en los que se realizó.(Congreso Nacional de Honduras, 2020, p. 29)

2.5.5. Incentivos a la generación con recursos renovables

La finalidad de la ley de promoción a la generación de energía con recursos renovables es promover la inversión pública y/o privada en proyectos de generación de energía eléctrica con recursos renovables nacionales a través de la realización de los siguientes objetivos:

1. Reducción de la dependencia de combustibles fósiles importados para generación de energía eléctrica.
2. Introducir reformas al otorgamiento de permisos y agilizar estudios para la construcción de centralizadas.

3. Aumentar la eficiencia de sistema interconectado nacional.
4. Elevar la calidad de vida de pobladores de áreas rurales
5. Buscar nuevas alternativas a las fuentes tradicionales de energía.

Los incentivos para propiciar la generación contemplados en esta ley son los siguientes:

1. Exoneración de pago de impuesto sobre ventas para todos aquellos equipos, materiales y servicios, que estén destinados directamente a la generación de energía eléctrica con recursos renovables.
2. Exoneración de pago de todos los impuestos, tasas, aranceles y derechos de importación para todos aquellos equipos y materiales relacionados directamente con la generación de energía.
3. Exoneración de pago de impuesto sobre la renta, aportación solidaria temporal, impuesto al activo neto y todos los impuestos conexos en un plazo de diez años.
4. Los proyectos gozarán de todos los beneficios establecidos de la ley de aduanas en relación con la importación temporal de maquinaria y equipos necesarios para la construcción y mantenimiento de citados proyectos.
5. Exoneración del impuesto sobre renta y sus retenciones sobre pagos de servicios y honorarios contratados a personas naturales o jurídicas extranjeras, necesarios para los estudios, desarrollo, instalación, ingeniería, administración, monitoreo del proyecto de energía renovable. (Congreso Nacional de Honduras, 2007, p. 3)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Es la descripción del proyecto de investigación, que explica cómo se llevó a la práctica y proporciona la información necesaria. (UNITEC, 2015, p. 31)

3.1. Congruencia metodológica

“Ayuda a corroborar la relación entre las partes del planteamiento del problema y la metodología a usar” (UNITEC, 2015, p. 31)

Tabla 10 Matriz metodológica

	PROBLEMA	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	GENERAL	ESPECÍFICOS	INDEPENDIENTES	DEPENDIENTE
Factibilidad de autogeneración de energía eléctrica con paneles solares en techos de supermercados	Es factible técnica y económicamente la autogeneración de energía eléctrica con paneles solares en edificios de supermercados para obtener un ahorro en la factura eléctrica mensual.	Con el área de techo disponible en los supermercados A y B respectivamente, es factible técnicamente implementar un proyecto de paneles solares para autogeneración de energía?	Determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de paneles solares en edificios de supermercados para producción de energía de autoconsumo que reduzca la factura de energía eléctrica	Determinar si es factible técnicamente implementar un proyecto de paneles solares para autogeneración de energía con el área de techo disponible en los supermercados A y B respectivamente.	Demanda de energía	VAN
		¿Cuál es el área de techo con mejor relación costo-beneficio para la implementación del proyecto de paneles solares fotovoltaicos en los supermercados A y B?		Calcular los ahorros percibidos en el no pago de energía eléctrica después de recuperada la inversión de parte de los supermercados A y B.	Equipo	
					Área	
					Localización	
					Impacto Ambiental	
¿Cuáles serán los ahorros percibidos en el no pago de energía eléctrica después de recuperada la inversión para los supermercados A y B?	Calcular el tiempo de retorno de inversión e índice de rentabilidad del proyecto de acuerdo con la propuesta de la empresa Coysoza para la instalación de paneles solares de acuerdo con la demanda de energía en los supermercados A y B.	Inversión inicial				
		Costos del proyecto				
¿Cuál es el tiempo de retorno de inversión e índice de rentabilidad del proyecto de acuerdo con la propuesta de la empresa Coysoza para la instalación de paneles solares de acuerdo con la demanda de energía en los supermercados A y B.	Determinar si es posible lograr un ahorro del 25% de la factura eléctrica mensual con la implementación del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares con bajas o nulas inyecciones a la red?	Tasa de descuento				
		Gastos				
				Ingresos		
				Calcular el tiempo de retorno de inversión e índice de rentabilidad del proyecto de acuerdo con la propuesta de la empresa Control y Sostenibilidad para la instalación de paneles solares de acuerdo con la demanda de energía en los supermercados A y B.	Tiempo de retorno de la inversión	
				Determinar si es posible lograr un ahorro del 25% de la factura eléctrica mensual con la implementación del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares con bajas o nulas inyecciones a la red.	Precio	
					Utilidad	

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1. Definición operacional de las variables.

En este apartado debe presentarse en forma esquemática, lógica y cronológica, la relación supuesta entre las variables, definiendo la (s) independiente (s) y dependiente (s). (UNITEC, 2015, p. 31). A continuación, el diagrama de variables de la investigación.



Figura 36 Diagrama de las variables técnicas.

Fuente: elaboración propia.

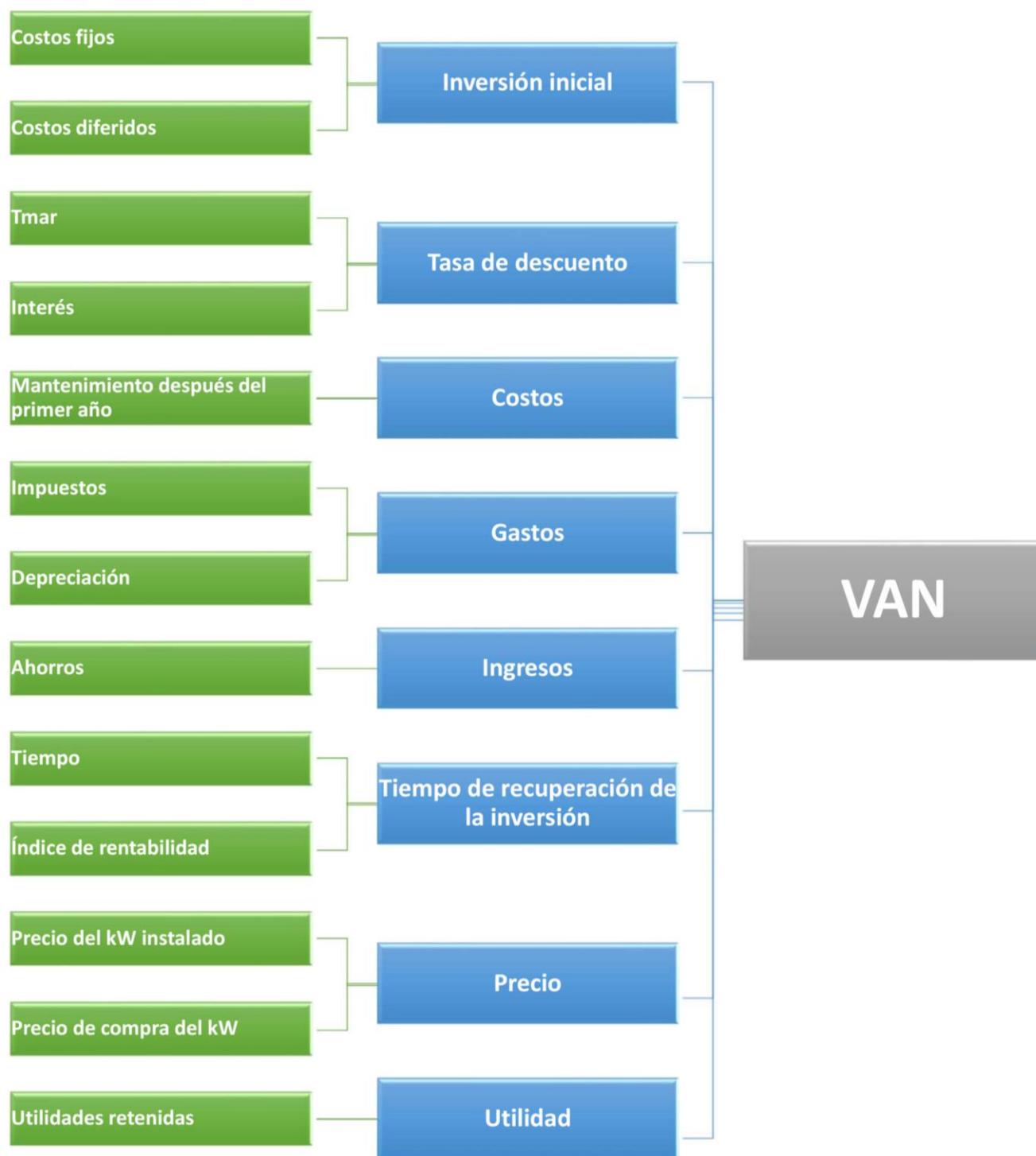


Figura 37 Variables económicas

Fuente: elaboración propia

Tabla 11 Operacionalización de variables

Variables	Definición		Dimensión	Indicador	Preguntas	Variable	Enfoque	Escala
	Conceptual	Operacional						
VAN	Valor que tienen actualmente los flujos de efectivo netos de una propuesta.	Indicador financiero que servirá para conocer la viabilidad financiera del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares en techos de supermercados.	TIR	Índice de rentabilidad	¿Tendrá el proyecto de autogeneración de energía con paneles solares un índice de rentabilidad aceptable por el supermercado A y B?	Numérica	Cuantitativa	Intervalo
				Tiempo de recuperación de la inversión	¿En cuantos años recuperará el supermercado A y B la inversión realizada?			
			Flujo de efectivo	Ingresos	¿Cuales serán los ingresos percibidos por el supermercado A y B por el proyecto de generación de energía con paneles solares?			
				Egresos	¿Cuales serán los egresos incurridos por el supermercado A y B por el proyecto de generación de energía con paneles solares?			
Demanda de Energía	Medida del máximo requerimiento de energía de un sistema. Parte de este, o el total conectada al suministro.	Cantidad de energía requerida por el supermercado A y B respectivamente para su operación.	Tarifa energética	Lempira/kWh	¿Cuanto es la tarifa eléctrica mensual del supermercado A y B?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Consumo energético	kW/h	¿Cuanto es el consumo energético mensual del supermercado A y B?			
			Eficiencia energética	Reducción de consumo, métodos de ahorro	¿Que proyectos adicionales de eficiencia energética ha hecho el supermercado A y B?			
			Actualización de tecnología	Equipos mas eficientes	¿Cuales equipos se han reemplazado por otros mas eficientes?			
Potencia Instalada	Potencia que ha sido proyectada y construida en una máquina o sistema	Cantidad de energía producida por el sistema de paneles solares del supermercado A y B	Área de paneles	mts/2	¿Que potencia instalada se tendrá con el área de techo disponible en los techos de supermercados?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Configuración de granja solar	Paralelo, serie y mixto	¿Cual será la configuración de los paneles solares en los supermercados A y B?			
			Tecnología de granja solar	Fotovoltaica, térmica	¿Que tipo de generación fotovoltaica tendrá el proyecto en supermercado A y B?			
			kW totales	kW/h	¿Cuales son los kW necesarios para llegar al punto donde el supermercado recupere la inversión?			
Equipos	Conjunto de todos los insumos necesarios para un proyecto	Conjunto de todos los recursos materiales y humanos para llevar a cabo la instalación de paneles solares en supermercados A y B	Tipos de paneles	Tecnología y capacidad	¿Que tipo de paneles se implementarán en el proyecto?	Categoría	Cualitativa	Nominal
			Marca de paneles	Proveedor y Distribución	¿Cual será el proveedor de los paneles solares para este proyecto?			
			Equipos complementarios	Inversores y soportes	¿Se utilizará sistema de soporte con seguidores? ¿El proyecto tendrá sistema de almacenamiento de energía?			
Área	Extensión de la superficie expresada en unidad de medida	Espacio de disponible en los supermercados A y B para la instalación del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares	Área de techo disponible	Mts/2	¿El área de techo disponible es suficiente para generar ahorros significativos para los supermercados A y B?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Orientación	Norte, sur, este y oeste	¿Que orientación tendrán los paneles solares en supermercado A y B?			
Localización	Señalamiento del emplazamiento que debe tener algo o alguien	Supermercados A y B	Irradiancia en supermercado A	Horas de sol diarias, nubosidad	¿Cual es la irradiancia promedio en San Pedro Sula?	Categoría	Cualitativa	Nominal
			Irradiancia en supermercado B		¿Cual es la irradiancia promedio en Tegucigalpa?			
			Clima en supermercado A	Horas de sol por día, nubosidad	¿Las condiciones meteorológicas del supermercado A son aptas para la producción solar?			
			Clima en supermercado B		¿Las condiciones meteorológicas del supermercado B son aptas para la producción solar?			
Impacto Ambiental	Es la alteración de la calidad del medio ambiente por la actividad humana.	Impacto que tendrá en el medio ambiente la implementación del proyecto del supermercado A y B respectivamente	CO2	Toneladas	Cuántas toneladas de CO2 se emitirán a la atmósfera si la energía producida en la granja solar fuera de origen de combustible fósil?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Matriz de Leopold	Causa y efecto	El impacto es positivo o negativo?	Numérica	Cuantitativa	Razón

Continuación de tabla 11

Variables	Definición		Dimensión	Indicador	Preguntas	Variable	Enfoque	Escala
	Conceptual	Operacional						
Inversión inicial	Todos los bienes adquiridos, ya sea tangibles o intangibles	Proyecto comprado a COYSOSA por los supermercados A y/o B para generación de energía solar	Costos Fijos	Lempiras	¿Cual es valor de la inversión inicial que tienen que pagar los supermercados A y B por la instalación de paneles solares y equipos complementarios?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Costos Diferidos	Lempiras, contrato y garantías	¿Que tipo de garantía por fallas técnicas tendrá el supermercado A y B?			
Tasa de descuento	Es la mayor tasa de rentabilidad entregada en la alternativa de inversión mas atractiva	Tasa de retorno mínima que recibirá el supermercado	Interés	Financiamiento	¿El proyecto se llevara a cabo con financiamiento o con fondos propios?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			TMAR	Política de inversión	¿Que tasa es la tasa mínima aceptable de rentabilidad del supermercado A y B?			
Costos	Cantidad de recursos introducidos en la producción	Costos del mantenimiento para el supermercado A y B por mantenimiento del año 2 en adelante	Mantenimiento después del 1er año	Tipo de contrato	¿Cual será el tipo de acuerdo por mantenimiento o reparación después del primer año del proyecto?	Numérica	Cuantitativa	Razón
Gastos	Reconocimiento de un bien recibido por el que se pagará una cantidad en el momento o posteriormente	Salidas de recurso efectivo y contable del supermercado A y B	Impuestos	Legislación fiscal	¿Cuales son los impuestos anuales pagados por supermercado A y B?	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Depreciación	Ley Fiscal, Impuestos	Perdida de valor monetario de los paneles y equipos complementarios por el uso.			
Ingresos	Entrada de recurso monetario a una persona o empresa	Entrada de recurso monetario percibidas por los supermercados A y B	Ahorros	Lempiras	Cuales serán los ingresos por el no pago de energía eléctrica por el proyecto de autogeneración de energía para el supermercado A y B.	Numérica	Cuantitativa	Razón
Tiempo de recuperación de la inversión	Periodos de vida útil del proyecto	Periodos de tiempo de vida útil del proyecto de COYSOSA implementado en supermercado A y B	Años	Tiempo de recuperación de la inversión	¿Cuál será la vida útil del proyecto?	Numérica	Cuantitativa	Intervalo
			Meses					
Precio	Valor o estimación de un bien	Precio que pagará el supermercado A y B A COYSOSA	Costo del kW instalado	Lempiras/Kw	Precio que pagará el supermercado A y/o B a COYSOSA por la compra del proyecto de autogeneración de energía con paneles solares.	Numérica	Cuantitativa	Razón
			Precio de compra del Kw					
Utilidad	Propiedad de una erogación que posee la característica de tener un valor continuado.	Valor resultante después de restar los egresos del supermercado A y B respectivamente, para el proyecto de paneles solares	Utilidades retenidas	Lempiras	¿Cuales serán las utilidades del supermercado A y B?	Numérica	Cuantitativa	Razón

Fuente Elaboración propia.

La tabla 11 muestra las variables utilizadas con sus respectivas dimensiones.

Cada una de las variables cuantitativas, en su mayoría son de razón, pues el cero, representa ausencia total de medición como en: Potencia instalada, Demanda de energía, Inversión inicial, entre otros.

3.1.2 Hipótesis

“Las hipótesis son las guías de una investigación o estudio. Las hipótesis indican lo que tratamos de probar y se definen como explicaciones tentativas del fenómeno investigado. Se derivan de la teoría existente y deben formularse a manera de proposiciones.” (Hernández Sampieri et al., 2006, p. 104).

Las hipótesis del presente proyecto son:

Hi: La instalación de un sistema de autogeneración con paneles solares para ahorrar al menos 25% de la factura eléctrica mensual en los supermercados A y B respectivamente, es factible si $VPN > 0$ considerando el tiempo de vida útil de los equipos.

Ho: La instalación de un sistema de autogeneración con paneles solares para ahorrar al menos 25% de la factura eléctrica mensual en los supermercados A y B respectivamente, no es factible si $VPN < 0$ considerando el tiempo de vida útil de los equipos.

3.2 Enfoques y métodos.

3.2.1 Enfoque

El enfoque que esta investigación utiliza para poder comprobar la hipótesis es cuantitativo, ya que todas las variables que se evaluarán son numéricas, secuenciales y probatorias.

Hernández Sampieri et al., (2006) afirma: “El enfoque cuantitativo de investigación utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías”. (p. 4)

La información histórica de demanda de energía mensual, mediciones de demanda diaria de energía realizadas ocasionalmente son usadas para el estudio económico, conociendo el costo del kilowatt hora se realiza el estudio económico y se mide la rentabilidad económica del proyecto.

Es no experimental pues no requiere manipulación alguna para obtener resultado en los datos primarios; trasversal pues recolectará datos de mediciones en los supermercados A y B en un solo momento, en tiempo único y con característica descriptiva pues indaga los niveles de una o más variables y a su vez formular hipótesis que sean también descriptivas.

3.2.2 Método de la investigación

El método de investigación seleccionado para implementar es descriptivo debido a que, en este proyecto se pretende probar la factibilidad técnica y económica además se pretende identificar el área con mejor relación costo beneficio y si es factible tanto técnica, como económicamente el uso de áreas aledañas adicionalmente a los techos para generar energía eléctrica con paneles solares.



Figura 38 Enfoque y método de la investigación

Fuente: Elaboración propia

Habiendo determinado las variables técnicas y económicas se establecen las relaciones y comparaciones entre las mismas utilizando la metodología de investigación seleccionada para poder comprobar la hipótesis de la investigación.

3.3. Diseño de la investigación

El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema. En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis). (Hernández Sampieri et al., 2006, p. 12/8).

El objetivo del diseño de la investigación es responder las preguntas de investigación, comprobar los objetivos y someter la hipótesis a prueba.

Teniendo un enfoque cuantitativo y utilizando un diseño de investigación No experimental Transeccional Descriptivo.

En la etapa de recolección de datos, la base de COYSOSA ha sido fundamental para analizar históricos de tarifas que nos permitieron conocer la forma en que cada uno de los supermercados se comporta, que patrones de consumo presenta y cuáles son sus sistemas de mayor gasto energético.

Posteriormente, la etapa de medición de se llevó a cabo en sitio para verificar la información de la base de datos existente, creando el perfil de carga y la gráfica de curva de demanda con la cual se determina la capacidad a instalar de cada sistema de generación con paneles solares fotovoltaicos.

Como diseño descriptivo, se busca presentar la información obtenida en el supermercado A y B sin influir en las mediciones recolectadas, de forma que únicamente se analiza para tomar decisiones respecto a la propuesta de proyecto.

3.4 Actividades

La tabla a continuación muestra las actividades realizadas durante esta investigación.

Tabla 12. Actividades

Actividad	Responsable	Tiempo de ejecución
Solicitud de permiso al gerente de operaciones para Centro América de Control y Sostenibilidad	Josias Castillo	3 días
Entrevista y asesoría temática Ing. Fabio Ponce	Hermes Torres y Josias Castillo	1 mes
Revisión y análisis de historiales de consumo en supermercado A y B en la base de datos de COYSOSA.	Hermes Torres y Josias Castillo	15 días
Mediciones con analizador de redes en supermercado A y B	Hermes Torres y Josias Castillo	1 semana
Determinación de área de techo disponible en supermercado A y B	Hermes Torres y Josias Castillo	1 día
Determinación del potencial de generación en supermercado A y B	Hermes Torres y Josias Castillo	1 día
Elección de paneles solares. Comunicación con el proveedor	Hermes Torres y Josias Castillo	5 días
Determinar la factibilidad económica de la implementación de paneles solares para autogeneración de energía en supermercado A y B	Hermes Torres y Josias Castillo	6 meses

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Técnicas e instrumentos aplicados

3.5.1 Fluke 434 II

Analizador de redes que servirá para analizar los problemas de calidad de la energía, calcular los costos de la energía desperdiciada y evitar el tiempo de inactividad que pueda tener el

sistema eléctrico. Utilizando este instrumento se podrá estudiar a detalle las falencias previas a la instalación del proyecto, para evitar que su eficiencia se vea afectada.



Figura 39 Analizador de redes eléctricas

Fuente: (Fluke, 2021, p. 1)

3.5.2 Google Earth

Con este software de datos geospaciales de libre uso, se determinarán las coordenadas de ubicación de supermercado A y B, respectivamente. Lo que será utilizado posteriormente utilizar un área específica para analizar su clima e irradiancia.

Google Earth Pro ofrece el conjunto más completo de datos geospaciales disponibles de manera pública e incluye imágenes de alta resolución y con escapadas en 3D por ciudades, mapas detallados de carreteras, imágenes panorámicas desde calles, imágenes históricas y puntos de interés importantes, como accidentes naturales, patrones climáticos y ubicaciones de empresas. (Google, 2020, p. 1)

3.5.3 PV Watts

PVWATTS es el software que se utilizará para calcular la producción estimada del sistema solar fotovoltaico (PV) propuesto por COYSOSA al supermercado A y B. Usando la versión lanzada en 2014 se obtendrá un dato más preciso con una curva de inversor moderna que permita analizar, la cantidad de metros que se cubrirán con paneles solares y los kilowatts que se producirán.

Es una aplicación web para estimar la electricidad producida por un sistema fotovoltaico montado en el suelo o en el techo basándose en unos pocos insumos simples. (NREL, 2021)

Además, mediante este software se conocerá la orientación óptima en la que se instalarán los paneles solares, de acuerdo con la conveniencia según la radiación recibida. Aprovechando que tiene sistema de geo mapas, se utilizará a su vez para elegir la localización de la instalación del proyecto.

3.5.5. Base de datos COYSOSA

Instrumento utilizado para recabar información acerca de demandas energéticas en supermercados A y B. Así mismo, mediante esta base de datos se obtuvieron datos importantes sobre los procesos de eficiencia energética previamente implementados e histórico de tarifas.

3.5.6 Software de selección de equipos de Canadian solar.

“Uno de los proveedores de soluciones de energía y productos solares fotovoltaicos más grandes del mundo, así como uno de los desarrolladores de plantas de energía solar más grandes del mundo” (Canadian Solar, 2021a, p. 1).

Se utilizará este software para elegir los paneles que más se acoplen a las necesidades del supermercado A y B. Ingresando los datos del área disponible, condiciones climatológicas, orientación del techo e irradiancia de la zona, el software arrojará cual es el panel recomendado para utilizar en el proyecto de autogeneración de energía solar.

3.5.7 Estudio económico

Mediante el estudio económico se han podido determinar variables fundamentales para conocer la viabilidad del proyecto de autogeneración de energía solar en edificios de supermercados.

Con el estudio realizado se conocerá la inversión inicial, los costos de mantenimiento y los ingresos que puede percibir el supermercado A y B respectivamente por la implementación del proyecto.

3.6. Fuentes de información

Las fuentes de información son aquellas que proporcionaran datos históricos y actuales sobre los cuales se puede hacer proyecciones en un futuro cercano. Sirven para identificar patrones de tendencia o estacionalidad. Las fuentes de información pueden clasificarse en fuentes internas y externas, cada una de las cuales se subdivide a la vez en primarias y secundarias. (UNITEC, 2015, p. 35)

3.6.1. Fuentes primarias.

Las fuentes de información primarias son la proporción de datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de estudios como libros, monografías, tesis

y disertaciones, documentos oficiales, reportes de asociaciones, trabajos presentados en conferencias o seminarios, testimonios de expertos, documentales, videocintas en diferentes formatos, foros y páginas de internet, etc. (UNITEC, 2015, p. 35)

Las fuentes primarias utilizadas en esta investigación son las recopiladas en sitio mediante entrevistas y con revisión de documentos como ser: datos de demanda histórica de energía, equipos y sistemas electromecánicos instalados, procesos y sus patrones de consumo de energía, tarifa eléctrica.

3.6.1.1 Control y Sostenibilidad S.A. (COYSOSA)

Es una de las principales fuentes de este estudio, ya que por medio de Control y Sostenibilidad se ha podido acceder al histórico de consumo de energía de los supermercados. Esto ha sido el punto de partida para poder ofertar una opción con generación de energía solar que implique un ahorro en la factura eléctrica mensual.

Por medio de COYSOSA, para este estudio, se ha podido ingresar a los supermercados A y B a realizar una medición puntual con un analizador de redes en la demanda durante horas pico una vez iniciado este estudio.

3.6.1.2 Canadian Solar

Proveedor que además de facilitar los elementos de la granja solar, ha fungido como fuente primaria para el dimensionamiento, eficiencia y elección adecuada de equipos mediante la información de proyectos similares que ha realizado y la experiencia que lo consolida en el mercado. La asesoría ha estado a la orden para brindar asesoría durante todo el proceso de creación de este estudio.

A su vez, nos han brindado cotizaciones, precios de referencia en mercado y consejos adecuados para la óptima forma de creación de una propuesta de proyecto.

3.6.1.3 Tesis previas

“Costo-beneficio de ahorro energético con paneles solares en el aeropuerto internacional Ramon Villeda Morales” (Carías Ayala & Munguía Márquez, n.d.) fue una de las fuentes secundarias utilizada en este estudio, que permitió analizar resultados interesantes que muestran los ahorros que la generación de energía limpia puede generar en nuestro país, considerando que la mayor parte del año recibimos sol. Aun y cuando este proyecto tuvo costos bastante elevados, era rentable implementarlo.

“Estudio de la viabilidad económica de autoproducción domestica de energía eléctrica” (Molina, 2017) fue un estudio realizado en España, utilizando como fuente secundaria. De tal estudio se puede concluir que a pesar de que las condiciones ambientales permitan generar energía, hay muchas variables adicionales que evaluar para saber si el proyecto es rentable. Una de ellas es la venta de excedentes y los beneficios que presenta el gobierno como recompensa por generar energía limpia.

3.6.1.4 Comisión reguladora de energía eléctrica (CREE)

Fuente primaria para conocer las tarifas eléctricas del país. De esta forma, este estudio puede determinar en qué rango se encuentran los supermercados A y B de acuerdo a su consumo y cuanto pagará por él mismo. Es a su vez, la institución que permite regular las actividades de todos los agentes del mercado e instituciones del subsector eléctrico nacional. Nos brinda las leyes, reglamentos, normas técnicas y procedimientos utilizados como base en este estudio para la implementación de paneles solares para autoproducción de energía. De igual forma, fueron

utilizados como fuente primaria los balances energéticos 2019 y anteriores, publicados por la CREE.

3.6.1.5 Congreso nacional de la república.

En la parte legal de este estudio, fueron utilizados documentos importantes del marco legal hondureño, que establecen parámetros fundamentales para en cuanto a la generación de energía. Entre ellos la Ley de promoción a la generación de energía eléctrica con recursos renovables, efectiva desde 2007 y el reglamento de la ley general de la industria eléctrica.

3.6.2. Fuentes secundarias.

“Las fuentes secundarias se organizan a partir de las primarias. Representan un conocimiento elaborado y organizado de forma conveniente para un acceso rápido.” (UNITEC, 2015, p. 35)

Las fuentes secundarias de información usadas en esta investigación son estudios previos, libros, publicaciones de energía renovable, legislación local y documentos existentes en el CRAI de UNITEC.

3.6.2.1 Centro de recursos para el aprendizaje y la investigación (CRAI)

Portal de base de datos de las Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) que cuenta con una enorme colección de libros, revistas, tesis, etc, en formatos físicos y digitales. Este portal fue utilizado como una fuente secundaria que permitió encontrar textos utilizados posteriormente como fuentes primarias. Entre ellos Energía solar fotovoltaica (Carlos Pina, 2018), Aprovechamiento de las energías renovables (Galdiano Hernández, 2011) .

3.7 Limitantes del estudio.

Por políticas internas los supermercados A y B solo permiten instalar paneles solares para satisfacer el 25% de la demanda eléctrica del supermercado. Esto limita la potencia que se puede instalar considerando el gran potencial de generación existente teniendo techos amplios y espacio disponible en parqueo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Se describe e ilustra la información obtenida y relacionada a los objetivos de estudio.(UNITEC, 2015, p. 36)

4.1 Descripción del proyecto

“Detallar en forma clara la empresa, servicio o producto propuesto. Se debe brindar detalles de cómo el consumidor dará uso a este servicio o producto incluyendo planes de expansión a futuro” (Paredes, 2015, p. 39).

4.1.1 Ubicación del proyecto.

El estudio de factibilidad para la implementación de paneles solares se lleva a cabo en las instalaciones de los Supermercados A y B, ubicados en San Pedro Sula y Tegucigalpa respectivamente. El Supermercado A contará con 134 paneles solares equivalentes a una producción de 60 KWp en Tegucigalpa. Los paneles solares, inversores y equipos utilizados serán de la marca Canadian Solar y miden 2.10 metros de largo por 1.20 de ancho. La selección de paneles con capacidad 450 W se ha realizado de acuerdo a recomendación de asesor de ventas del proveedor de paneles para aplicaciones comerciales como supermercados.

Tabla 13 Cantidad de paneles y área a utilizar supermercado A

Supermercado A		
Descripción	unidad	Cantidad
Capacidad de generación	KW	60
Potencia de generación por panel	KW	0.450
Cálculo de paneles Supermercado A	unidad	133.33
Total de paneles Supermercado A	unidad	134
Área requerida por panel Supermercado A	m ²	2.52
Área total requerida con espacio de mantenimiento	m ²	470.4

Fuente: elaboración propia

En el supermercado B de San Pedro Sula con 178 paneles de 450 Wp equivalente a 80 KWp de generación. El área de techo disponible en el techo para el supermercado B es de 5,400 m², de los cuales serán usados 392 m² para la instalación de paneles en la parte sur del techo, por tanto, el área de techo disponible en el edificio es suficiente para instalar la granja solar con capacidad de generación de 80 KWp.

Tabla 14 Cantidad de paneles y área a utilizar en supermercado B

Supermercado B		
Descripción	unidad	Cantidad
Capacidad de generación	KW	80
Potencia de generación por panel	KW	0.450
Cálculo de paneles Supermercado B	unidad	177.78
Total de paneles Supermercado B	unidad	178
Área requerida por panel Supermercado B	m ²	2.52
Área total requerida con espacio de mantenimiento	m ²	627

Fuente: elaboración propia

La Tabla 13 y 14 indica que se utilizarán paneles solares con capacidad de 450 W, para determinar la cantidad de paneles se divide la capacidad de generación de la granja solar entre la capacidad de generación individual de cada panel expresada en kilowatts.

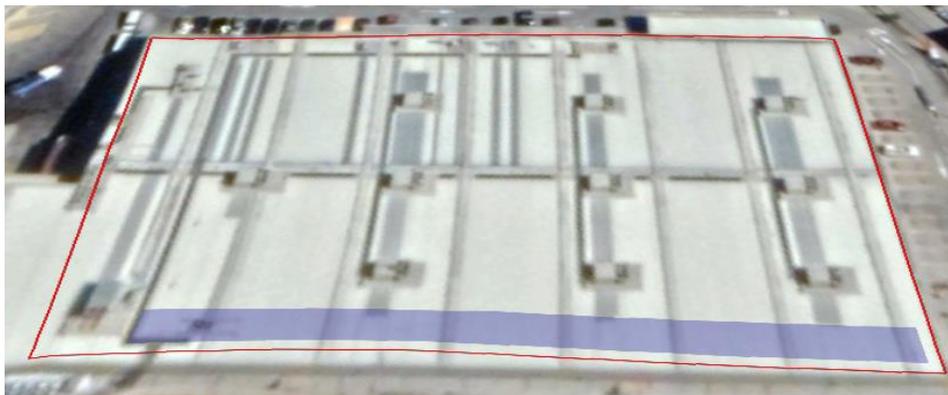


Figura 40. Área de techo disponible en Supermercado A, Tegucigalpa.

Fuente: (Google LLC, 2020)

Para el supermercado B el área total de techo es de 5,076 m², 627 m² serán ocupados por paneles solares.



Figura 41. Área de techo disponible en Supermercado B, San Pedro Sula.

Fuente: (Google LLC, 2020)

Se ha considerado un 40% adicional del área de cada panel para la instalación de los paneles, esto se hace con la finalidad de facilitar la instalación dejando espacios adecuados para la movilización del personal y durante la operación de los equipos para su correcto mantenimiento.

4.2 Factores críticos de riesgo

Entre las condiciones de riesgo que representan amenaza para la factibilidad técnica y económica de la instalación de paneles solares está el factor climatológico. Tal como lo indican las secciones 2.3.14.1 y 2.3.14.2. las condiciones del clima en las ciudades de Tegucigalpa y San Pedro Sula son muy diferentes.

Para el supermercado A ubicado en Tegucigalpa se tienen condiciones menos favorables para la generación con paneles solares, si se compara con el clima de San Pedro Sula y su supermercado B. Esto no significa que el proyecto no será factible, si no, que el tiempo de

recuperación de la inversión y otros indicadores financieros serán menos atractivos para la inversión en Supermercado A.

La ubicación geográfica de Honduras dentro del cinturón solar permite que los proyectos solares sean implementados casi en la totalidad del territorio nacional teniendo muy buenos beneficios, a pesar de contar con gran porcentaje de días nublados en algunos casos.

El otro factor que se considera como riesgo dentro de la implementación de proyectos solares es el deterioro de equipos por las condiciones de sol y lluvia a las que están expuestos. La vida útil de los equipos solares se estima entre 15 y 25 años, lo que bajará con el transcurso del tiempo es la eficiencia de los componentes.

4.3 Estudio de producción y operaciones

4.3.1 Recopilación de datos y situación actual

Control y Sostenibilidad cuenta con una base de datos de distintos clientes, proyectos, y estudios realizados que han permitido la realización de este estudio de factibilidad.

Se cuenta con el histórico de facturación de supermercados A y B, esto nos permite conocer los kilowatts hora consumidos mensualmente por cada edificio y evidencia la diferencia de consumo en cada uno. La diferencia de consumo de los dos supermercados analizados a pesar de formar parte de la misma cadena de supermercados, contar con equipos electromecánicos y procesos que consumen energía de manera similar, está determinada mayormente por las condiciones climáticas de las dos ciudades. San Pedro Sula (Supermercado B) tiene un clima cálido con promedios de temperatura mayores a los 33°C mientras que Tegucigalpa (Supermercado A) se mantiene en temperaturas promedio cercanas a los 27°C. La tabla 15 muestra la demanda en

kilowatt hora de cada supermercado, tarifa en media tensión L/KWh correspondientes a la fecha y monto pagado a EEH.

Tabla 15 Histórico de demanda de energía supermercados 2020-2021

Mes	KWH		L/KWH	Lempiras pagados a EEH	
	Supermercado A	Supermercado B		Supermercado A	Supermercado B
ene 20	89,240.00	118,800.00	L 3.36	L 299,998.11	L 399,369.96
feb 20	81,420.00	100,800.00	L 3.36	L 273,709.61	L 338,859.36
mar 20	85,560.00	109,200.00	L 3.36	L 287,627.05	L 367,097.64
abr 20	83,720.00	94,800.00	L 3.36	L 281,441.52	L 318,689.16
may 20	93,380.00	99,600.00	L 2.68	L 250,482.51	L 267,167.04
jun 20	93,840.00	106,800.00	L 2.68	L 251,716.42	L 286,480.32
jul 20	98,900.00	105,523.27	L 2.50	L 247,645.60	L 264,230.28
ago 20	94,760.00	99,600.00	L 2.50	L 237,279.04	L 249,398.40
sep 20	101,660.00	110,400.00	L 2.50	L 254,556.64	L 276,441.60
oct 20	108,100.00	114,000.00	L 2.56	L 276,941.39	L 292,056.60
nov 20	96,140.00	106,800.00	L 2.56	L 246,301.07	L 273,610.92
dic 20	86,020.00	87,600.00	L 2.56	L 220,374.64	L 224,422.44
ene 21	90,160.00	97,200.00	L 2.71	L 244,270.49	L 263,343.96
feb 21	85,560.00	88,800.00	L 2.71	L 231,807.71	L 240,585.84
mar 21	83,260.00	92,400.00	L 2.71	L 225,576.32	L 250,339.32
Total	1,112,740.0	1,253,923.3		L 3,829,728.11	L 4,312,092.84

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021, p. 1)

Como se mencionó en CAPÍTULO I, los precios de la tarifa eléctrica en Honduras son afectados directamente por el precio mundial del petróleo, siendo Honduras un país con el 35% de la matriz energética basada en generación con combustibles fósiles. El mes de diciembre 2020 muestra consumos similares en ambos supermercados, esto se relaciona por las temperaturas bajas en ambas ciudades, por tanto, los aires acondicionados y equipos de refrigeración trabajan menos para poder alcanzar las temperaturas

La figura 42 muestra la variación de los pagos realizados desde 2020 hasta marzo de 2021 que se ven influenciados tanto por los cambios en el valor de la tarifa de media tensión como por la demanda de energía del supermercado.

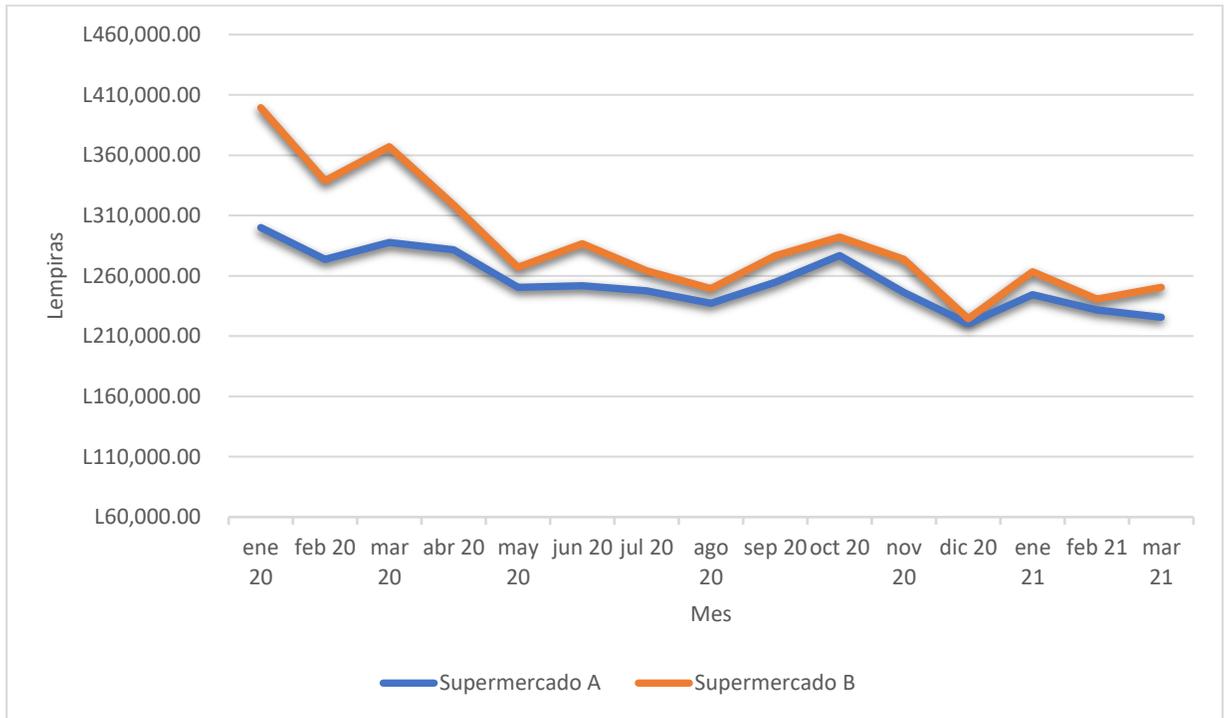


Figura 42 Pagos por consumo eléctrico 2020-2021

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021, p. 1)

La demanda de energía mensual desde 2020 documentada por COYSOSA comprueba las mediciones de energía puntuales que han sido tomadas para el dimensionamiento de la granja solar. Las mediciones de demanda de energía en el tiempo son realizadas de manera automática y guardadas en la memoria del controlador de aire acondicionado, iluminación y refrigeración del supermercado. El período de tiempo considerado para el dimensionamiento de la granja solar es una semana entre los días 8 y 15 de marzo del año 2021 en ambos supermercados.

Tabla 16 Demanda de energía supermercado A, 9 de marzo 2021.

Data#	Date/Time	HORA	Promedio kw	PROMEDIO KW/HORA
1	09-mar-21	23:00	81.18	81.18
2	09-mar-21	22:00	93.80	93.80
3	09-mar-21	21:00	116.90	116.90
4	09-mar-21	20:00	132.43	132.43
5	09-mar-21	19:00	93.80	93.80
6	09-mar-21	18:00	154.28	154.28
7	09-mar-21	17:00	178.05	178.05
8	09-mar-21	16:00	176.50	176.50
9	09-mar-21	15:00	183.25	183.25
10	09-mar-21	14:00	168.25	168.25
11	09-mar-21	13:00	171.75	171.75
12	09-mar-21	12:00	167.83	167.83
13	09-mar-21	11:00	171.48	171.48
14	09-mar-21	10:00	164.00	164.00
15	09-mar-21	09:00	163.53	163.53
16	09-mar-21	08:00	187.55	187.55
17	09-mar-21	07:00	123.93	123.93
18	09-mar-21	06:00	92.88	92.88
19	09-mar-21	05:00	71.50	71.50
20	09-mar-21	04:00	53.55	53.55
21	09-mar-21	03:00	57.35	57.35
22	09-mar-21	02:00	55.53	55.53
23	09-mar-21	01:00	56.50	56.50
24	09-mar-21	00:00	55.30	55.30

		Kw/Hora
MAXIMO	=	187.55
MINIMO	=	53.55
PROMEDIO	=	123.79

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021)

La demanda de energía en el supermercado A tiene sus valores más elevados durante el día, esto se debe a que los equipos de aires acondicionados son apagados durante la noche y los equipos de refrigeración trabajan menos de noche por el descenso de temperatura ambiente que reduce la carga térmica.

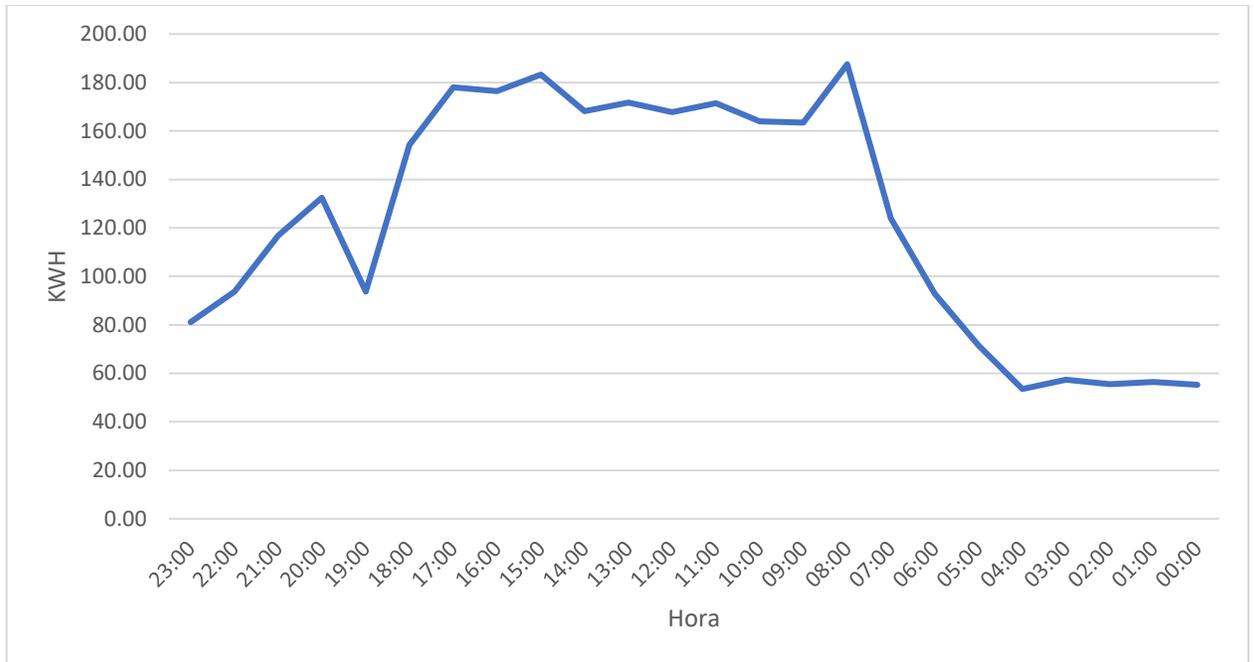


Figura 43 Demanda de energía diaria, 9 de marzo 2021

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021)

La demanda de supermercado B ubicado en San Pedro Sula es presentado en la tabla 15, con una potencia promedio de 161.86 KW versus los 123.79 KW promedio de supermercado A es un claro indicador de la diferencia de clima entre las dos ciudades. Cerca de las 9 AM los aires acondicionados son encendidos por el sistema de control automático del supermercado, esto coincide con el pico de consumo que muestra la gráfica, por la tarde a partir de las 2 PM se observa otro pico que está relacionado con las altas temperaturas a partir de esa hora, tanto refrigeración como aire acondicionado son afectados por esta condición.

La tabla 17 muestra la demanda del 9 de marzo en el supermercado B de la ciudad de San Pedro Sula, estas son condiciones ambientales de verano que se mantienen la mayor parte del año en la región.

Tabla 17 Demanda de energía diaria Supermercado B, 9 de marzo 2021

Data#	Date/Time	Hora	Promedio kw	PROMEDIO KW/HORA
1	09-mar-21	23:00	89.43	89.43
2	09-mar-21	22:00	181.10	181.10
3	09-mar-21	21:00	166.00	166.00
4	09-mar-21	20:00	136.05	136.05
5	09-mar-21	19:00	181.10	181.10
6	09-mar-21	18:00	165.25	165.25
7	09-mar-21	17:00	217.83	217.83
8	09-mar-21	16:00	260.93	260.93
9	09-mar-21	15:00	253.50	253.50
10	09-mar-21	14:00	255.33	255.33
11	09-mar-21	13:00	265.40	265.40
12	09-mar-21	12:00	272.20	272.20
13	09-mar-21	11:00	268.28	268.28
14	09-mar-21	10:00	234.50	234.50
15	09-mar-21	09:00	208.98	208.98
16	09-mar-21	08:00	145.85	145.85
17	09-mar-21	07:00	106.45	106.45
18	09-mar-21	06:00	72.50	72.50
19	09-mar-21	05:00	63.05	63.05
20	09-mar-21	04:00	70.65	70.65
21	09-mar-21	03:00	63.95	63.95
22	09-mar-21	02:00	67.75	67.75
23	09-mar-21	01:00	65.43	65.43
24	09-mar-21	00:00	73.25	73.25

		Kw/Hora
MAXIMO	=	272.20
MINIMO	=	63.05
PROMEDIO	=	161.86

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021)

La figura 44 muestra el comportamiento de la demanda de energía de supermercado B donde sobresalen los picos de la tarde donde las temperaturas son altas y coincide con las horas de mayor afluencia de clientes para realizar compras.

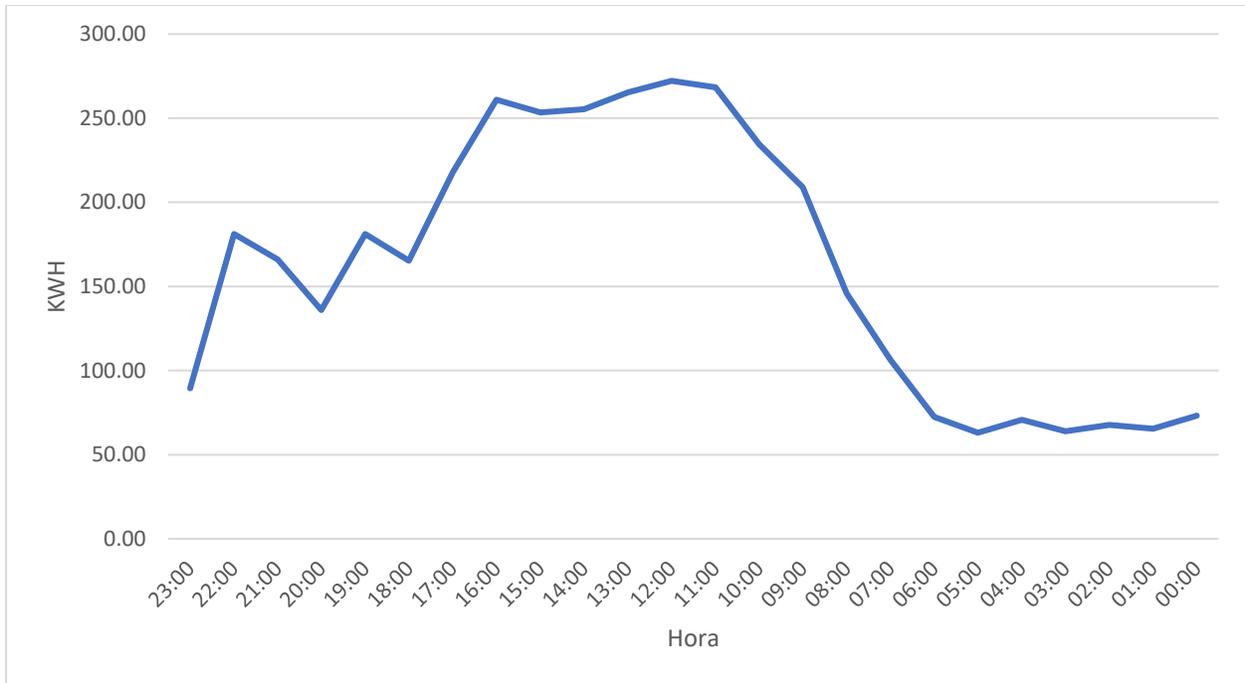


Figura 44 Demanda de energía Supermercado B, 9 de marzo 2021

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 1)

Comprender los factores que afectan la demanda de energía en cada supermercado es vital para el correcto dimensionamiento de la capacidad de generación de la granja solar. El comité directivo de Supermercados A y B han establecido una política para la generación de electricidad con paneles solares la cual indica que la granja solar deberá tener las menores inyecciones de energía a la red eléctrica nacional, es decir, la capacidad de producción no debería superar el 25% de la demanda máxima del supermercado por largos períodos de tiempo.

4.3.2 Dimensionamiento de granja solar

Mediante el análisis de la demanda de energía diaria mediante regresión monótonica se dimensiona la capacidad de generación de la granja solar tomando en consideración la directriz del propietario del proyecto de evitar en cuanto sea posible las inyecciones de energía a la red eléctrica nacional en momentos de baja demanda de energía.

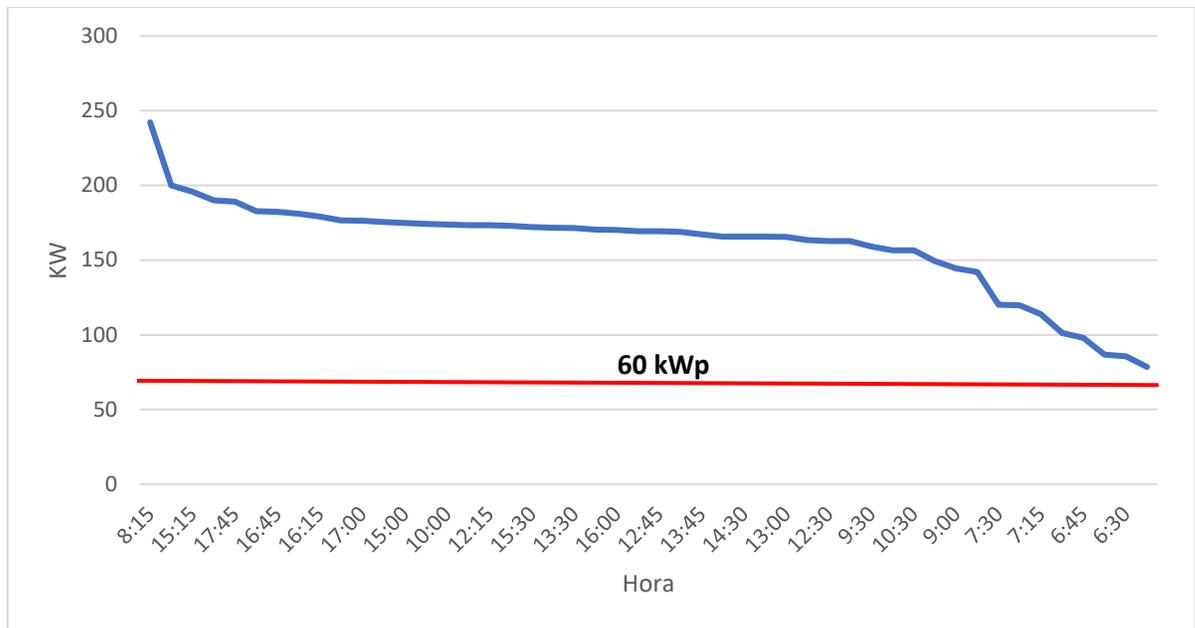


Figura 45 Regresión monotónica demanda de energía supermercado A, marzo 2021

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 1)

La línea roja en la figura 45 indica la capacidad de generación de la granja solar, la curva de demanda ordenada de manera descendente al interceptarse con la recta de capacidad de la granja permite visualizar cual será la cantidad de tiempo del día que se producirán inyecciones a la red eléctrica nacional. Ya que en Honduras no se retribuye al auto generador por la inyección de energía, esto es considerado pérdida de eficiencia del sistema, por tanto, alarga el período de recuperación de la inversión y vuelve menos atractivo el proyecto.

El análisis de la curva de demanda mediante regresión monotónica para el supermercado A muestra que con 60 KWp permanecemos el 100% del tiempo en que la granja solar sin inyecciones a la red nacional lo que permite que toda la capacidad de generación sea aprovechada.

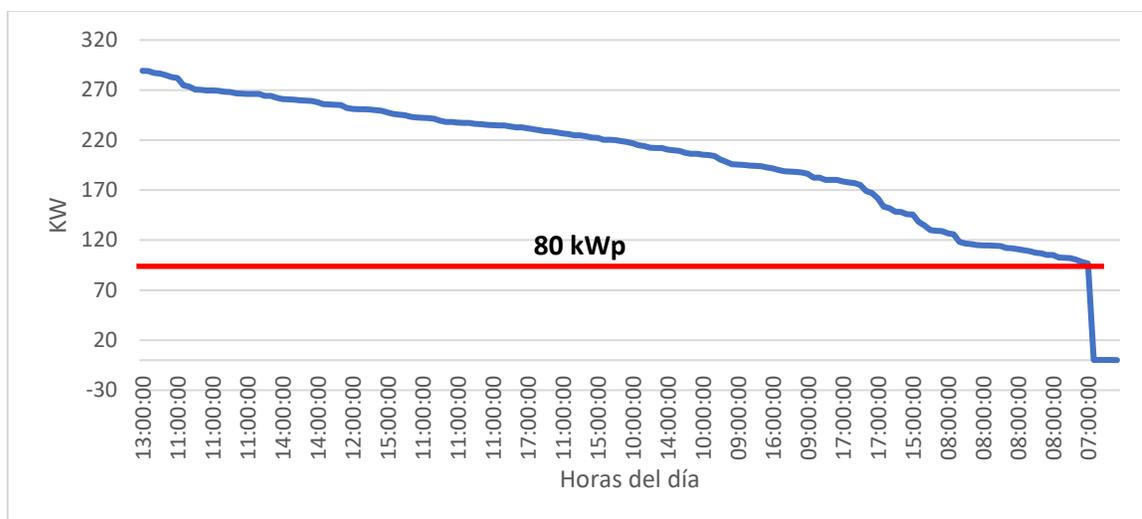


Figura 46 Regresión monótonica demanda de energía supermercado B, marzo 2021

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 1)

La figura 46 con el análisis de la demanda de energía de supermercado B se evidencia que se cumple con el requerimiento de no tener inyecciones a la red nacional, en este caso la demanda de energía máxima es cercano a los 290 KW y se decidió dimensionar la granja solar con un 29% del pico de demanda del mes de marzo que es 80 KWp.

A pesar de que la dimensión de la granja solar se estimó en 60kWp y 80 kWp para los supermercados A y B respectivamente, el factor de planta de un sistema de generación solar es inferior a su capacidad nominal. Por lo tanto, el nivel de producción nunca alcanza la capacidad total de generación de la granja solar. El valor máximo alcanzado se encuentra por debajo de la demanda mínima de cada supermercado, por lo tanto, no se realizan inyecciones a la red.

4.3.3. Estimación de generación eléctrica de la granja solar Supermercado A

Utilizando la herramienta de diseño PVWatts de National Renewable Energy Laboratories NREL de los Estados Unidos se realiza el cálculo estadístico para la estimación de la producción solar en cada supermercado.

El PVWatts Calculator realiza el cálculo a partir de la geolocalización de cada supermercado, capacidad de generación de la granja solar, orientación de los paneles, ángulo de elevación.

Tabla 18. Generación estimada Supermercado A

Generación de energía 60kW				
Datos	Fecha	Hora	kW	Kw/hora
1	09-mar-21	6:00	0.96	0.96
2	09-mar-21	7:00	6.13	6.13
3	09-mar-21	8:00	20.01	20.01
4	09-mar-21	9:00	32.18	32.18
5	09-mar-21	10:00	41.14	41.14
6	09-mar-21	11:00	46.19	46.19
7	09-mar-21	12:00	48.43	48.43
8	09-mar-21	13:00	47.52	47.52
9	09-mar-21	14:00	43.43	43.43
10	09-mar-21	15:00	35.96	35.96
11	09-mar-21	16:00	24.33	24.33
12	09-mar-21	17:00	8.63	8.63

Fuente: Elaborado por el autor con datos de (NREL, 2021)

La figura 47 es generada a partir de la tabla 18 y muestra el comportamiento de la generación solar durante cada hora del día en el supermercado A.

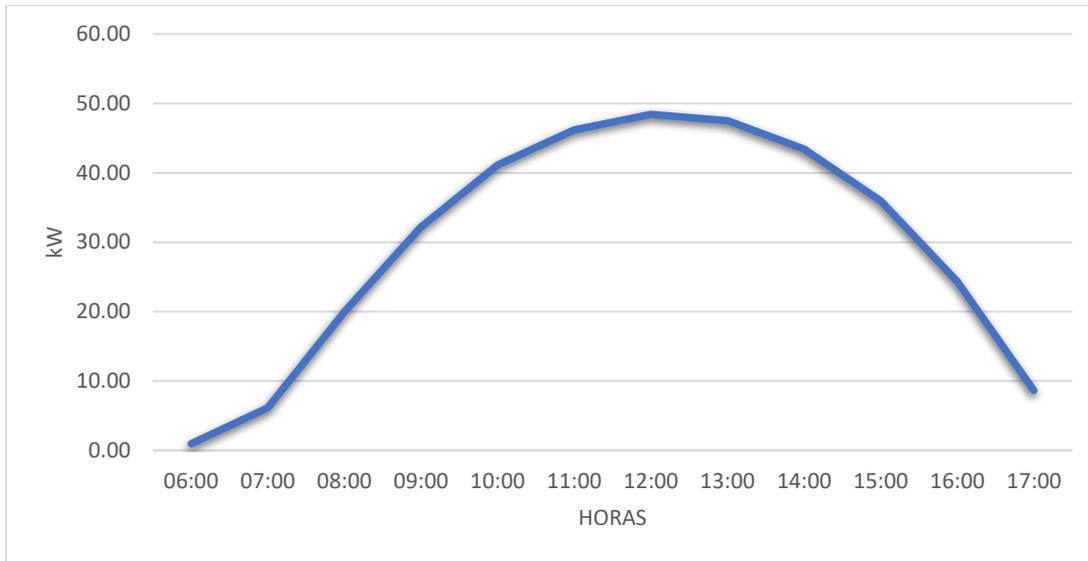


Figura 47. Generación solar de energía supermercado A

Fuente: Elaboración propia con datos de (NREL, 2021)

Tabla 19. Generación estimada Supermercado B

GENERACION DE ENERGIA 80KWP				
DATOS	FECHA	HORA	KW	KW/HORA
0	09-mar-21	6:00	5.78	5.78
1	09-mar-21	7:00	25.68	25.68
2	09-mar-21	8:00	40.95	40.95
3	09-mar-21	9:00	51.99	51.99
4	09-mar-21	10:00	57.28	57.28
5	09-mar-21	11:00	58.03	58.03
6	09-mar-21	12:00	54.21	54.21
7	09-mar-21	13:00	47.37	47.37
8	09-mar-21	14:00	37.01	37.01
9	09-mar-21	15:00	23.60	23.60
10	09-mar-21	16:00	9.19	9.19
11	09-mar-21	17:00	2.09	2.09

Fuente: Elaboración propia con datos de (NREL, 2021)

La figura 48 es generada a partir de la tabla 19 y muestra el comportamiento de la generación solar durante cada hora del día en el supermercado A.

En el Anexo III se encuentra el cálculo de generación anual de energía según el software de diseño PVWatts, el valor anual de generación estimado es utilizado en el estudio financiero para determinar el flujo de efectivo por ahorros.

El software PVWatts utiliza estadística aplicada a la base de datos de irradiancia solar en la zona donde se instalará el proyecto para estimar la generación mensual y anual considerando variables como la nubosidad, sombras y el cambio de estaciones entre verano e invierno que afecta la cantidad de luz solar diaria.

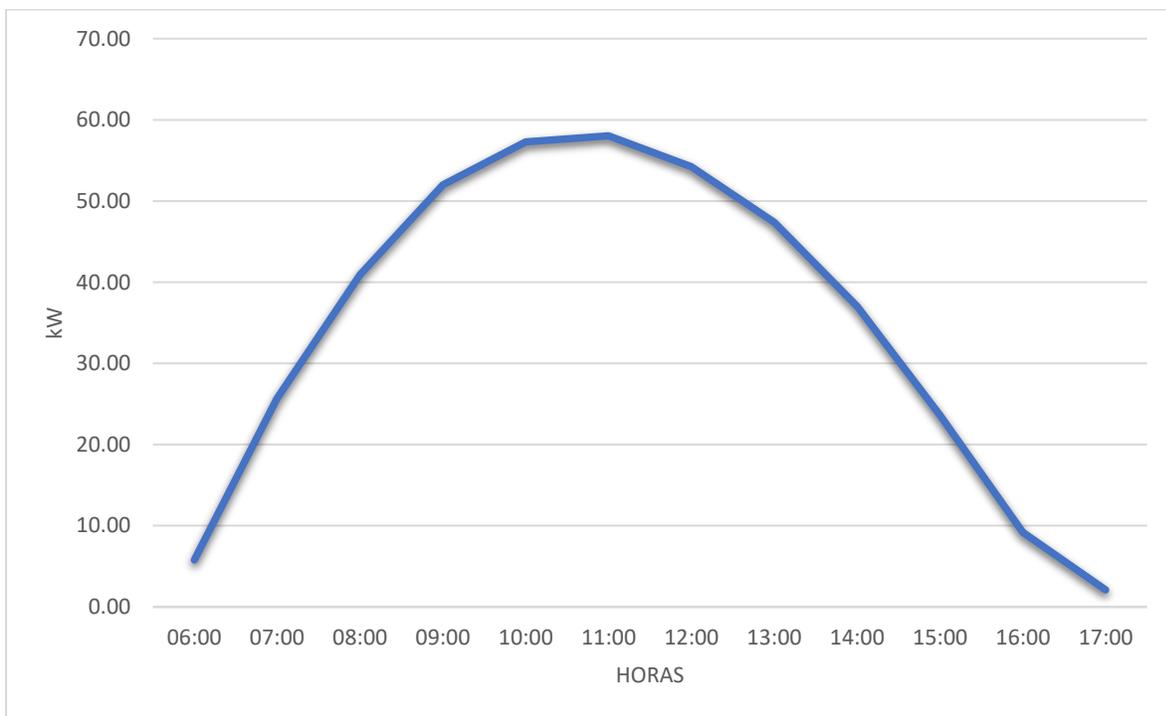


Figura 48. Generación solar de energía supermercado B

Fuente: Elaboración propia con datos de (NREL, 2021)

4.4. Planificación de las instalaciones

El estudio de factibilidad se realiza entre los meses de mayo y septiembre 2021, aún y cuando el cronograma muestra actividades desde el mes de marzo. La medición de marzo fue tomada de la base de datos de COYSOSA y gracias a ello, se pudo recopilar la información de medidores ligados al sistema de control de cada supermercado.

Posteriormente, todas las mediciones fueron comprobadas en el mes de junio, ya como una actividad correspondiente al estudio de prefactibilidad.

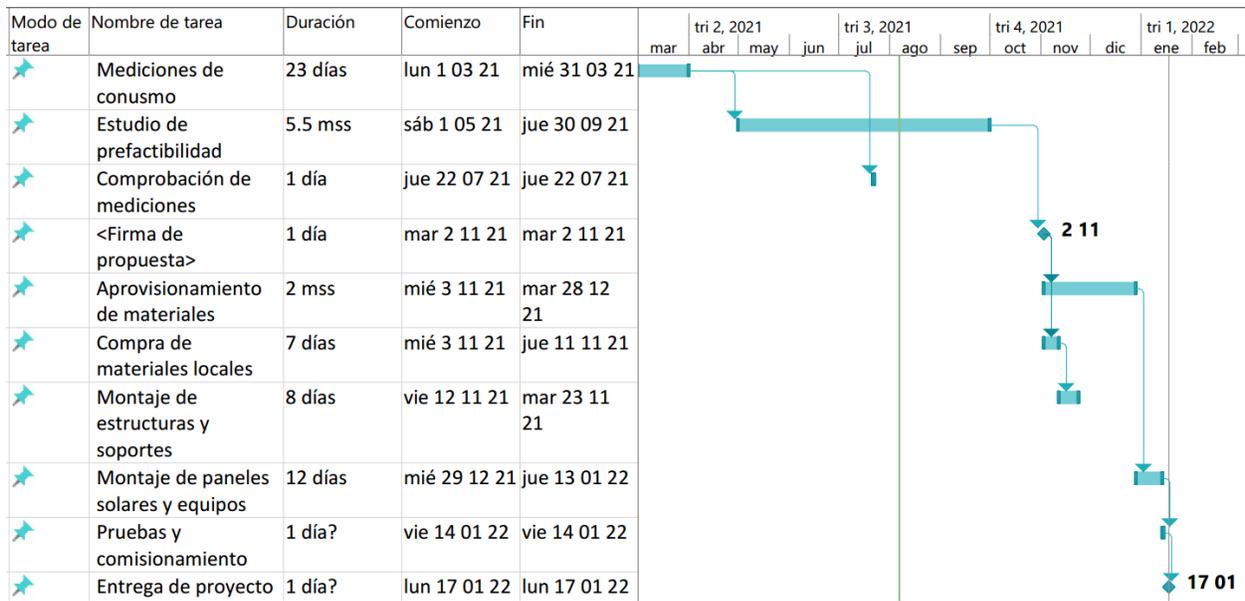


Figura 49 Cronograma de actividades del proyecto

Fuente: Elaboración propia

4.5 Estudio Financiero

4.5.1 Inversión Inicial.

Baca Urbina (2006) nos dice que el costo, a pesar de que no ha sido fácil de definir, es considerado como un desembolso en efectivo o especie realizado en el pasado, presente o a realizarse a futuro.

Para el proyecto de autogeneración de energía eléctrica con paneles solares el costo de la inversión inicial para cada uno de los dos supermercados significa la compra de los paneles solares, inversor, sistema soporte y el cableado necesario. Todos en una misma propuesta, de valor diferente para cada supermercado, determinado por el área a cubrir con paneles solares.

4.5.1.1 Presupuesto base de granja solar supermercado A

El costo para de la inversión inicial para el proyecto del supermercado A ubicado en Tegucigalpa es de Lps 932,856.01. La Tabla 19 consiste en el resumen de costos de la instalación de la granja solar en supermercado A con capacidad de 60 KWp.

Tabla 20. Costos supermercado A

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Suministro e instalación de 133 paneles solares mono cristalinos Canadian Solar 450 Wp. Módulo monocristalino modelo 450MS	1	UNIDAD	L 434,160.00	L 434,160.00
2	Suministro e instalación de inversor 60 KW Trifásico Canadian Solar modelo CSI-60TL-GS	1	UNIDAD	L 91,182.00	L 91,182.00
3	Suministro e instalación de soportes en techo para paneles solares	1	UNIDAD	L 114,384.88	L 114,384.88
4	Tubería, cableado eléctrico y conexiones	1	UNIDAD	L 226,129.13	L 226,129.13
5	Comisionamiento y arranque	1	UNIDAD	L 27,000.00	L 27,000.00
6	Contingencias e imprevistos	1	UNIDAD	L 40,000.00	L 40,000.00
				SUB TOTAL	L 932,856.01
				ISV 15%	L -
				TOTAL	L 932,856.01

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a)

Los precios unitarios del presupuesto de granja solar de supermercado A son desarrolla dos en el Anexo II, basados en precios de venta de equipos y materiales de COYSOSA.

4.5.1.2 Presupuesto base de granja solar supermercado B

El supermercado B se encuentra en San Pedro Sula. Ciudad donde la irradiancia es mayor que en Tegucigalpa, pero a su vez es mayor la temperatura a la que está expuesta el supermercado y sus productos, por lo que el gasto para climatizar el lugar y preservar los alimentos también es mayor. El costo de la inversión inicial para el supermercado B ubicado en San Pedro Sula es de L.1,195,067.53

Tabla 21. Costos Supermercado B

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Suministro e instalación de 177 paneles solares mono cristalinos Canadian Solar 450 Wp. Módulo monocristalino modelo 450MS	1	UNIDAD	L 576,720.00	L 576,720.00
2	Suministro e instalación de inversor 80 KW Trifásico Canadian Solar CSI-80T	1	UNIDAD	L 113,216.40	L 113,216.40
3	Suministro e instalación de soportes en techo para paneles solares	1	UNIDAD	L 151,944.10	L 151,944.10
4	Tubería, cableado eléctrico y conexiones	1	UNIDAD	L 268,687.03	L 268,687.03
5	Comisionamiento y arranque	1	UNIDAD	L 34,500.00	L 34,500.00
6	Contingencias e imprevistos	1	UNIDAD	L 50,000.00	L 50,000.00
				SUB TOTAL	L 1,195,067.53
				ISV 15%	L -
				TOTAL	L 1,195,067.53

Fuente: Elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a)

Los precios unitarios del presupuesto de granja solar de supermercado B son desarrollados en el Anexo II, basados en precios de venta de equipos y materiales de COYSOSA.

4.5.2 Costos operativos

“Los costos de producción siempre deberán un concepto llamado: costos de mantenimiento” (Baca Urbina, 2006, p. 141).

Los proyectos de energía solar son bastante seguros y confiables en cuanto a daños en su funcionamiento. Considerando que este proyecto no tiene banco de baterías para almacenamiento, la posibilidad de averías se reduce aún más. Los proyectos de generación solar fotovoltaica en general tienen un periodo de vida útil de 20 años. Sin embargo, es inteligente y preponderante siempre considerar gastos de mantenimiento. Para este proyecto, COYSOSA provee dicho mantenimiento gratis el primer año, por lo que se considerará como un costo operativo para ambos supermercados del año dos en adelante. El costo anual para mantenimiento del primer año se presenta en las tablas a continuación, para cada supermercado. El costo de mantenimiento tendrá un incremento anual del 4% durante el análisis de los flujos de efectivo.

Tabla 22. costos de mantenimiento anual Supermercado A

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNIT	TOTAL
1	Limpieza de paneles solares (visitas 2 técnicos 1 día)	2	L 2,450.00	L 4,900.00
2	Mantenimiento eléctrico de conexiones y tableros	2	L 2,450.00	L 4,900.00
3	Reemplazo de paneles con posible daño	3	L 3,258.00	L 9,774.00
Total				L 19,574.00

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Tabla 23 Costos de mantenimiento anual Supermercado B

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	P. UNIT	TOTAL
1	Limpieza de paneles solares (visitas 2 técnicos 1 día)	2	L 2,450.00	L 4,900.00
2	Mantenimiento eléctrico de conexiones y tableros	2	L 2,450.00	L 4,900.00
3	Reemplazo de paneles con posible daño	4	L 3,258.00	L 13,032.00
Total				L 22,832.00

Fuente: elaboración propia

4.5.3 Flujos de caja

La factibilidad económica del proyecto se analiza mediante el análisis de los flujos de efectivo generados por el no pago de energía eléctrica a la comercializadora.

Tabla 24. Flujos de caja A

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial	-L 932,856.01										
Producción anual kW/h		96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00
Costo de kW/h		L 2.640	L 2.653	L 2.666	L 2.680	L 2.693	L 2.707	L 2.720	L 2.734	L 2.747	L 2.761
Ingreso por ahorro de energía		L 253,872.96	L 255,142.32	L 256,418.04	L 257,700.13	L 258,988.63	L 260,283.57	L 261,584.99	L 262,892.91	L 264,207.38	L 265,528.41
Costos operativos		L -	L 19,574.00	L 20,356.96	L 21,171.24	L 22,018.09	L 22,898.81	L 23,814.76	L 24,767.35	L 25,758.05	L 26,788.37
Gastos de repuestos mayores		L -	L -	L -	L -	L -	L -	L 45,591.00	L -	L -	L -
Depreciación		L 93,285.60									
Ingreso antes de impuestos		L 160,587.36	L 142,282.72	L 142,775.48	L 143,243.29	L 143,684.94	L 144,099.16	L 98,893.62	L 144,839.96	L 145,163.73	L 145,454.44
ISR		L 48,176.21	L 42,684.82	L 42,832.64	L 42,972.99	L 43,105.48	L 43,229.75	L 29,668.09	L 43,451.99	L 43,549.12	L 43,636.33
Utilidad después de Impto.		L 112,411.15	L 99,597.91	L 99,942.83	L 100,270.30	L 100,579.46	L 100,869.41	L 69,225.54	L 101,387.97	L 101,614.61	L 101,818.11
Depreciación +		L 93,285.60									
Flujo Neto	-L 932,856.01	L 205,696.75	L 192,883.51	L 193,228.43	L 193,555.90	L 193,865.06	L 194,155.01	L 162,511.14	L 194,673.57	L 194,900.21	L 195,103.71
Flujo descontado	-L 727,159.26	L 534,275.75	L 341,047.31	L 147,491.41	L 46,373.65						
PRI con flujos descontados		1	2	3	4	0.24					

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00	96,164.00
L 2.775	L 2.789	L 2.803	L 2.817	L 2.831	L 2.845	L 2.859	L 2.874	L 2.888	L 2.902
L 266,856.06	L 268,190.34	L 269,531.29	L 270,878.95	L 272,233.34	L 273,594.51	L 274,962.48	L 276,337.29	L 277,718.98	L 279,107.57
L 27,859.91	L 28,974.30	L 30,133.27	L 31,338.60	L 32,592.15	L 33,895.83	L 35,251.67	L 36,661.73	L 38,128.20	L 39,653.33
L -	L -	L -	L -	L 45,591.00	L -	L -	L -	L -	L -
L 93,285.60									
L 145,710.55	L 145,930.43	L 146,112.41	L 146,254.74	L 100,764.59	L 146,413.07	L 146,425.21	L 146,389.96	L 146,305.17	L 146,168.64
L 43,713.17	L 43,779.13	L 43,833.72	L 43,876.42	L 30,229.38	L 43,923.92	L 43,927.56	L 43,916.99	L 43,891.55	L 43,850.59
L 101,997.39	L 102,151.30	L 102,278.69	L 102,378.32	L 70,535.21	L 102,489.15	L 102,497.65	L 102,472.97	L 102,413.62	L 102,318.05
L 101,997.39	L 102,151.30	L 102,278.69	L 102,378.32	L 70,535.21	L 102,489.15	L 102,497.65	L 102,472.97	L 102,413.62	L 102,318.05

Resultados	
Tasa de descuento	15%
TIR	19%
Inversión	L 932,856.01
Flujos netos	L 205,696.75
VAN	L 161,244.01
IR	0.17
PRI (Años)	4.24

Fuente: Elaboración propia

A continuación, los flujos de caja del supermercado B.

Tabla 25. Flujos de caja B

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial	-L 1,195,067.53										
Producción anual kW/h		117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00
Costo de kW/h		L 2.640	L 2.653	L 2.666	L 2.680	L 2.693	L 2.707	L 2.720	L 2.734	L 2.747	L 2.761
Ingreso por ahorro de energía		L 309,027.84	L 310,572.98	L 312,125.84	L 313,686.47	L 315,254.91	L 316,831.18	L 318,415.34	L 320,007.41	L 321,607.45	L 323,215.49
Costos operativos		L -	L 22,832.00	L 23,745.28	L 24,695.09	L 25,682.89	L 26,710.21	L 27,778.62	L 28,889.76	L 30,045.35	L 31,247.17
Gastos de repuestos mayores		L -	L -	L -	L -	L -	L -	L 56,608.20	L -	L -	L -
Depreciación		L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75
Utilidad antes de Imptos.		L 189,521.09	L 168,234.23	L 168,873.81	L 169,484.63	L 170,065.26	L 170,614.22	L 114,521.76	L 171,610.90	L 172,055.34	L 172,461.57
ISR		L 56,856.33	L 50,470.27	L 50,662.14	L 50,845.39	L 51,019.58	L 51,184.27	L 34,356.53	L 51,483.27	L 51,616.60	L 51,738.47
Utilidad despues de Imptos.		L 132,664.76	L 117,763.96	L 118,211.67	L 118,639.24	L 119,045.68	L 119,429.95	L 80,165.23	L 120,127.63	L 120,438.74	L 120,723.10
Depreciación +		L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75	L 119,506.75
Flujo Neto	-L 1,195,067.53	L 252,171.51	L 237,270.71	L 237,718.42	L 238,145.99	L 238,552.43	L 238,936.70	L 199,671.99	L 239,634.38	L 239,945.49	L 240,229.85
Flujo descontado		-L 942,896.01	-L 705,625.30	-L 467,906.88	-L 229,760.89	L 8,791.54	L 247,728.25	L 447,400.24			
PRI con flujos descontados		1	2	3	4	0.04					

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00	117,056.00
L 2.775	L 2.789	L 2.803	L 2.817	L 2.831	L 2.845	L 2.859	L 2.874	L 2.888	L 2.902
L 324,831.56	L 326,455.72	L 328,088.00	L 329,728.44	L 331,377.08	L 333,033.97	L 334,699.14	L 336,372.63	L 338,054.50	L 339,744.77
L 32,497.06	L 33,796.94	L 35,148.82	L 36,554.77	L 38,016.96	L 39,537.64	L 41,119.14	L 42,763.91	L 44,474.46	L 46,253.44
L -	L -	L -	L -	L 56,608.20	L -	L -	L -	L -	
L 119,506.75									
L 172,827.76	L 173,152.03	L 173,432.43	L 173,666.92	L 117,245.17	L 173,989.58	L 174,073.24	L 174,101.97	L 174,073.28	L 173,984.57
L 51,848.33	L 51,945.61	L 52,029.73	L 52,100.08	L 35,173.55	L 52,196.87	L 52,221.97	L 52,230.59	L 52,221.98	L 52,195.37
L 120,979.43	L 121,206.42	L 121,402.70	L 121,566.84	L 82,071.62	L 121,792.71	L 121,851.27	L 121,871.38	L 121,851.30	L 121,789.20
L 120,979.43	L 121,206.42	L 121,402.70	L 121,566.84	L 82,071.62	L 121,792.71	L 121,851.27	L 121,871.38	L 121,851.30	L 121,789.20

Resultados	
Tasa de descuento	15%
TIR	18%
Inversión	L 1,195,067.53
Flujos netos	L 252,171.51
VAN	L 144,824.55
IR	0.12
PRI (Años)	4.04

Fuente: Elaboración propia

El análisis de flujos de efectivo para Supermercado A considerando costos operativos indicados en la Tabla 22 y L.45,591.60 (la mitad del costo del inversor) el séptimo año y nuevamente un gasto de L.45,591.60 el año 15, representando el gasto en repuestos mayores durante los 20 años del análisis. Con un VAN de L. 161,244.01 y un periodo de recuperación menor a 5 años, el proyecto es económicamente factible para el supermercado A.

Para el Supermercado B considerando costos operativos indicados en la Tabla 23 y L.56,608.20 (la mitad del costo del inversor) el séptimo año y nuevamente un gasto de L.56,608.20 el año 15, representando el gasto en repuestos mayores durante los 20 años del análisis. Con un VAN de L. 144,824.55 y un periodo de recuperación menor a 5 años, el proyecto es económicamente factible para el supermercado B.

4.5 Impacto Ambiental

4.5.1 Toneladas de CO₂

La energía solar es una energía renovable. Por lo cual, se considera que esta energía producida sustituye la que pudiera ser generada por combustibles fósiles que emiten dióxido de carbono a la atmósfera. El supermercado A con 96,164kW/h anuales producidos, deja de emitir 8.27 toneladas de CO₂ al año. El supermercado B con 117,056 kW/h anuales producidos, deja de emitir 10.07 toneladas de CO₂ al año. El cálculo se encuentra en el anexo VIII de acuerdo a datos obtenidos de Sun earth tools (2021).

4.5.2 Matriz de Leopold

Su utilidad principal es como una lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones de causa y efecto, pero también es de gran utilidad para la presentación ordenada de los resultados de la evaluación. (Soberanis, n.d., 2004, p. 29)

Aunque muchos la consideran de poca utilidad debido a que se basa en estimaciones cuantitativas y no cualitativas, cabe destacar que el hecho de asignar un valor positivo o negativo a la afectación del medio ambiente de una de las fases del proyecto es claramente objetivo, ya que impacta positiva o negativamente en el proyecto. No considera las variables en el tiempo, sin embargo, en este proyecto la matriz de Leopold pretende mostrar que la producción de energía solar en el supermercado A y supermercado B trae más beneficios al medio ambiente que las afectaciones que implica su implementación.

Tabla 26. Matriz de Leopold

		Atmósfera	Agua	Vegetación	Fauna	Suelo	Paisaje	Socioeconómico	
Generales	Importación de equipos	-2	-2	-2	-2	-2	0	5	
	Transporte Interno	2	2	2	2	2	0	3	-5
Instalación	Paneles solares	0	0	0	2	0	-1	6	
	Cableado eléctrico	0	0	0	-1	0	0	1	21
Funcionamiento	Producción de energía	8	0	0	-1	0	0	5	
	Mantenimiento	5	0	0	2	0	0	3	53
Desmantelamiento y reciclaje	Desmontaje de paneles	0	0	0	-1	0	0	2	
	Retiro de cableado	0	0	0	-1	0	0	2	7
	Reciclado de paneles	0	0	0	-1	0	0	3	7
	Reciclado de paneles	4	0	0	0	2	0	1	
		3	0	0	0	2	0	1	17
		44	-4	-4	-1	0	-1	79	113

Fuente: Elaboración propia

Si bien es cierto, el primer pensamiento que viene a nuestra mente con una granja solar es considerar que afectara el vuelo de ciertas aves. Sin embargo, muchas aves anidan en proyectos de paneles solares, convirtiéndolo su hogar donde antes era un techo sin sombra. Este fenómeno ocurre tan a menudo que muchos proyectos de energía solar consideran colocar un bloqueador de pájaros para evitar que ingresen bajo los paneles.

Las aves bajo los paneles pueden provocar ralladuras en y quizás limitar levemente el flujo de aire. Ninguno de los casos anteriores puede disminuir la eficiencia de los equipos de manera considerable.

Los vuelos de las aves se pueden ver afectados igual o en menor grado que cuando hay un edificio normal sin paneles solares.

“El impacto de la planta solar sobre las especies de aves es mínimo, especialmente en comparación con otras causas de mortalidad de las aves” (Ideas Medioambientales, 2016, p. 1).

La mayor afectación a las aves se da en las granjas solares a nivel de suelos, y en las granjas de concentración solar con espejos, pero en las instalaciones en los techos es considerablemente menor. No hay desplazamiento de fauna para este proyecto debido a que no se requiere tala de árboles cercanos que puedan afectar con sombras la cantidad de luz recibida. Las instalaciones propias de cada supermercado permiten recibir luz solar sin impedimento de árboles aledaños.

El impacto mayor de una granja solar es el visual ya que altera el paisaje. En el caso de los supermercados A y B, existe una fascia que limitará poder ver los paneles desde muchos ángulos por lo que la afectación al paisaje será moderada.

A pesar de que los materiales para construir los paneles solares son abundantes y no se requieren en grandes cantidades, siempre lo consideramos como un impacto leve al suelo.

4.6 Comprobación de hipótesis.

Al culminar con el análisis de todos los datos se ha podido comprobar la validez de la hipótesis ya que los valores presentes netos establecidos para el proyecto cumplen con la condición de ser positivos y los porcentajes de ahorro se estiman mayores a 25%. Al mismo tiempo, se rechaza la hipótesis nula

Hi: La instalación de un sistema de autogeneración con paneles solares para ahorrar por lo menos el 25% de la factura eléctrica mensual en los supermercados A y B respectivamente, es factible ya que $VAN > 0$ considerando el tiempo de vida útil de los equipos.

Ho: La instalación de un sistema de autogeneración con paneles solares para ahorrar por lo menos el 25% de la factura eléctrica mensual en los supermercados A y B respectivamente, no es factible si $VAN \leq 0$ considerando el tiempo de vida útil de los equipos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones pretenden hacer una deducción que responda positiva o negativamente a la problemática investigada o a la hipótesis que se planteó. Las recomendaciones brindaran al autor la posibilidad de sugerir qué hacer con sus resultados y descubrimientos científicos relevantes. (UNITEC, 2015)

5.1 Conclusiones

1. Con una inversión inicial de L. 932,856.01 para Supermercado A y de L. 1,195,067.53 para Supermercado B, teniendo costos operativos anuales de L.19,574 y L.22,832 para el supermercado A y B respectivamente, es factible técnica y económicamente instalar paneles solares en los supermercados A y B ya que se obtiene un VAN positivo y el retorno de inversión es menor a 5 años.
2. Con área de techo de 5,410 m² y 5,100 m² para los supermercados A y B respectivamente, se cuenta con la suficiente área disponible para instalar las granjas solares con capacidades de 60 KW para supermercado A y 80 KW para supermercado B.
3. El área de techo requerida para instalar paneles solares y generar al menos 25% de la demanda de energía es 470.4 m² y 627 m² para supermercados A y B respectivamente.
4. El ahorro percibido por generación de energía eléctrica después de recuperar la inversión en supermercado A es L. 258,988.63 y para el supermercado B es de L.315,254.91 al quinto año, dejando 15 más de ahorros para los supermercados.

5. El tiempo de retorno de la inversión para el supermercado A es de 4.24 años y para el supermercado B es de 4.04 años. En cuanto al índice de rentabilidad de la inversión es de 0.17 y 0.12 respectivamente para supermercados A y B.
6. Si es posible generar al menos el 25% de la demanda de energía mensual teniendo mínimas o nulas inyecciones a la red, ya que los momentos del día que se tiene baja demanda de energía coinciden con las horas de menor producción de energía solar.

5.2 Recomendaciones

1. El proyecto de generación con paneles solares debería implementarse ya que es factible técnica y económicamente, esto generaría ahorros y aumentaría las utilidades de la empresa.
2. Es importante señalar al propietario de los supermercados que el potencial de generación de energía solar es mucho mayor al que se implementará en cada uno, se podría utilizar más área de techo para instalar paneles solares obteniendo mayor rentabilidad de la inversión.
3. Se puede replicar este estudio en otros supermercados de la cadena ya que las condiciones de demanda de energía y patrones de operación son similares a los supermercados A y B.
4. Se deben continuar los planes de mejora de eficiencia energética en supermercados A y B. Recomendamos que programar auditorías energéticas de manera periódica para buscar oportunidades de mejora en temas de ahorro de energía.
5. Siendo los supermercados un segmento de mercado con necesidades tan específicas, hay pocos trabajos relacionados con generación de energía y eficiencia

energética, se recomienda elaborar más proyectos relacionados con oportunidades de mejora en estos edificios ya que se ha encontrado gran potencial.

6. Se recomienda a la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) realizar más actividades prácticas en la maestría en gestión de energía renovable que preparen al estudiante para implementar proyectos de energía en la vida real.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

Este capítulo de aplicabilidad consiste en el producto final del trabajo de investigación, dando respuesta inmediata, o bien a corto plazo, al problema planteado y al cumplimiento de los objetivos. (UNITEC, 2015, p. 45)

6.1 Nombre de la propuesta

Implementación de sistema de autogeneración de energía con paneles solares en edificios de supermercados.

6.2 Justificación de la propuesta

La proyección de la tarifa eléctrica de media tensión en Honduras continua al alza, únicamente con un descenso en 2020 debido a la pandemia COVID-19 y la caída de precios de los combustibles fósiles. La climatización y refrigeración de alimentos perecederos son los sistemas que consumen más energía en los supermercados, con picos de consumo durante las horas del día, cuando la temperatura ambiental es más alta. El consumo de energía en el supermercado es proporcional a la carga térmica, por lo cual, analizando la curva de demanda, en la noche hay consumos más bajos.

Considerando estas los costos altos de la energía y la elevada demanda energética, la autoproducción de energía por medio de paneles solares se presenta como una alternativa óptima para disminuir la factura eléctrica, utilizando el área de techo disponible en los edificios de los supermercados.

6.3 Alcance de la propuesta

1. Implementar un sistema de autogeneración de energía con paneles solares de 60Kw para el supermercado A ubicado en Tegucigalpa y 80kW para el supermercado B ubicado en San Pedro Sula.
2. Ejecutar el proyecto con el presupuesto asignado y en el tiempo programado en el cronograma de ejecución.
3. Realizar mediciones de generación de energía ya con el proyecto de autogeneración en funcionamiento para comparar los datos reales con las proyecciones de generación.
4. Comparación de factura eléctrica de meses previos a la instalación versus factura de meses posteriores a la instalación.
5. Generar ahorros que puedan ser reinvertidos como utilidad retenida o trasladados al consumidor final con mejores precios.

6.4 Descripción y desarrollo a detalle de la propuesta.

Se implementará un sistema de autogeneración de energía solar con 60kW y 80kW para el supermercado A en Tegucigalpa y B en San Pedro Sula respectivamente. Mediante la energía producida por estas granjas solares instaladas en los techos, se evitará consumir energía de la red nacional.

6.4.1. Descripción de proyectos de autogeneración

La empresa COYSOSA realizará las instalaciones con su equipo técnico de acuerdo al estudio realizado que determinó la capacidad de cada granja solar. La marca de paneles solares y equipos complementarios será Canadian Solar.

El modelo seleccionado de paneles solares para los proyectos es Canadian Solar 450MS de 450 W instalados sobre el techo del supermercado en una estructura metálica fabricada en sitio. Lo paneles solares en el techo serán instalados en el techo orientado hacia el sur, en ambos supermercados, para tener un mejor aprovechamiento de la irradiancia solar durante el día.

En cuanto a inversores recomendados por Canadian Solar para los proyectos, se usarán modelos CSI-60TL de 60 KW y CSI-80K de 80 KW para los supermercados A y B respectivamente.

6.4.1.1. Proyecto de autogeneración supermercado A

El sistema de autogeneración a instalar consiste en un arreglo de 133 paneles solares Canadian Solar de 450 W cada uno, conectados a un inversor de 60 KW. El sistema está diseñado para tener mínimas o nulas inyecciones de energía a la red eléctrica nacional producto de excedentes. El supermercado A está ubicado en la ciudad de Tegucigalpa.

6.4.1.2. Proyecto de autogeneración supermercado B

El sistema de autogeneración a instalar consiste en un arreglo de 177 paneles solares Canadian Solar de 450 W cada uno, conectados a un inversor de 80 KW. El sistema está diseñado para tener mínimas o nulas inyecciones de energía a la red eléctrica nacional producto de excedentes. El supermercado A está ubicado en la ciudad de San Pedro Sula.

6.4.1.3. Descripción de proceso de instalación

El proceso de instalación del sistema de autogeneración se llevará a cabo de manera secuencial, es decir, el equipo técnico de COYSOSA realizará la instalación en Tegucigalpa en Supermercado A y al finalizar se trasladará a San Pedro Sula para instalar el sistema en Supermercado B.

El personal asignado a la labor de instalaciones se detalla en la Tabla 25.

Tabla 27. Personal asignado a proyecto de instalaciones en Supermercado A y B

Ítem	Recurso	Cantidad	Comentario	Horario
1	Ingeniero Residente	1	Personal COYSOSA	Tiempo completo
2	Capataz eléctrico	1	Personal COYSOSA	Tiempo completo
3	Técnico electricista	4	Personal COYSOSA	Tiempo completo
4	Ayudante de electricidad	4	Personal COYSOSA	Tiempo completo
5	Motorista	1	Personal COYSOSA	Tiempo parcial
6	Operador de Grúa	1	Sub contratado	Día de izaje de paneles
7	Project manager	1	Personal de Supermercado	Tiempo parcial

5.4.3 Desarrollo de proyecto de autogeneración con paneles solares

6.4.3.1 Medición y dimensionamiento de granja solar.

El proceso de instalación del sistema de autogeneración con paneles solares inicia con las mediciones de demanda de energía realizados en supermercados A y B donde se determinó la demanda pico del día. A partir de la demanda se determinó la capacidad de generación a instalar, 60 KW y 80 KW para supermercados A y B cumpliendo con el requerimiento de mínimas o nulas inyecciones a la red nacional.

Los recursos utilizados durante las mediciones son:

1. Base de datos de COYSOSA, con información histórica de COYSOSA sobre demanda, facturación y tarifas.
2. Verificación de medición de demanda de energía mediante analizador de redes.
3. Estimaciones de generación de energía utilizando software de geolocalización Google Earth y herramienta de estimación de generación PVWatt Calculator.

6.4.3.2. Gestión de permisos con ENEE y EEH

El sistema de autogeneración con energía solar a instalar en los supermercados A y B al ser instalado en techo de un supermercado no requiere de licencia ambiental. La gestión requerida

para la conexión del sistema de autogeneración solar en un edificio conectado a la red eléctrica nacional es presentada a continuación:

1. Solicitud de aprobación de diseño por parte de ENEE. Se someten planos y la información general del proyecto solar para revisión del departamento de ingeniería de ENEE.
2. Presentación de estudio de demanda de energía donde se evidencie el consumo de energía del edificio, este será comparado con la capacidad de generación de la granja solar y se determinará si habrá inyecciones de excedentes a la red nacional.
3. Cuando el departamento de ingeniería de ENEE da la aprobación del diseño se solicita el nuevo medidor bidireccional a EEH.
4. Inspección final por parte de ENEE al proyecto finalizado donde se realizan mediciones eléctricas.

6.4.3.3 Proceso de cotización, compra e importación de equipos

Luego de la firma del contrato para la ejecución del proyecto se inicia el proceso de compra e importación de equipos foráneos y compras locales de materiales. Los equipos a importar serán los 310 paneles solares (133 supermercado A y 177 de supermercado B), inversores y el cable fotovoltaico. La secuencia de eventos en el proceso de compra e importación es el siguiente:

1. Envío de orden de compra a Canadian Solar.
2. Recepción de equipos en puerto luego del tiempo de fabricación y transporte de los mismos.
3. Recepción y almacenaje de equipos en sitio.

Las compras locales de materiales se realizan de acuerdo con las fichas de costo presentadas con el presupuesto de ejecución.

6.4.3.4 Instalación de soportes y estructura de paneles solares

Las instalaciones comienzan con la revisión inicial del área de techo y marcaje de puntos de soporte. La soportería seleccionada para hacer la cama de paneles solares estará formada por canaleta galvanizada sobre ángulo de hierro negro empernado a la estructura del techo, sobre la cual se instalan los soportes de paneles provistos por el fabricante Canadian Solar para cada panel individual.

6.4.3.5. Instalación de paneles solares

Los paneles solares son puestos en el techo utilizando equipo de elevación, fijados a la estructura previamente instalada y conectados entre sí.

6.4.3.6. Conexiones eléctricas e instalación de equipos

La instalación de tubería y cableado es realizada en paralelo tanto en techo como en cuarto eléctrico. Se instala inversor y se realizan conexiones eléctricas con el tablero principal del supermercado.

6.4.3.7. Comisionamiento y puesta en marcha

El Project manager del proyecto realiza la revisión de control de calidad de equipos instalados, verifica las mediciones presentadas en inversor y valida el correcto funcionamiento del sistema de auto generación.

Para la aceptación de las instalaciones son realizadas se verifica que se haya cumplido con protocolos y estándares internacionales de calidad en instalaciones eléctricas como el Código Nacional Eléctrico o NEC por sus siglas en inglés.

6.5 Cronograma de ejecución proyecto de autogeneración

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 3, 2021			tri 4, 2021			tri 1, 2022			
						jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb		
1	Firma de propuesta de proyectos Supermercado A y B	1 día	mar 2 11 21	mar 2 11 21											
2	Reunión de kick off de proyecto	1 día	mié 3 11 21	mié 3 11 21	1										
3	compra e importación de paneles y equipos para los dos supermercados	2 mss	mié 3 11 21	mar 28 12 21	1										
4	Compra de materiales locales	7 días	mié 3 11 21	jue 11 11 21	1										
5	Instalaciones de preliminares (bodega, oficina de campo)	2 días	mié 3 11 21	jue 4 11 21											
6	Tramite de permisos ENEE y EEH	1 ms	jue 4 11 21	mié 1 12 21	2										
7	Instalaciones en Supermercado A	26 días?	lun 20 12 21	lun 24 01 22											
8	Montaje de estructuras y soportes	8 días	lun 20 12 21	mié 29 12 21	4										
9	Inspección inicial a techo y marcación de posición de paneles	1 día	lun 20 12 21	lun 20 12 21											
10	Instalación de riel de soporte	3 días	mar 21 12 21	jue 23 12 21	9										
11	Instalación de soporte vertical	3 días	vie 24 12 21	mar 28 12 21	10										
12	Sellado de perforaciones en techo	1 día	lun 27 12 21	lun 27 12 21	11										
13	Montaje de paneles solares y equipos	12 días?	mié 29 12 21	jue 13 01 22	3										
14	Llegada de paneles a sitio	1 día	mié 29 12 21	mié 29 12 21	3										
15	Izaje de paneles a techo	3 días	jue 30 12 21	lun 3 01 22	14										
16	Anclaje de paneles a estructura	4 días	mar 4 01 22	vie 7 01 22	15										
17	Instalación de tubería para cableado eléctrico	3 días	lun 10 01 22	mié 12 01 22	16										

Continuación Cronograma de ejecución proyecto de autogeneración

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	tri 3, 2021			tri 4, 2021			tri 1, 2022	
						jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene	feb
18	Instalación de inversor en cuarto eléctrico	1 día	lun 10 01 22	lun 10 01 22	16								
19	Conexiones eléctricas	2 días	lun 10 01 22	mar 11 01 22	16								
20	Pruebas y comisionamiento	2 días	vie 14 01 22	lun 17 01 22	19								
21	Entrega de proyecto	1 día?	mar 18 01 22	mar 18 01 22	20								
22	Instalaciones en Supermercado B	4 días	mié 19 01 22	lun 24 01 22	21								
23	Montaje de estructuras y soportes	3 días	mié 19 01 22	vie 21 01 22	21								
24	Inspección inicial	1 día	mié 19 01 22	mié 19 01 22									
25	Instalación de	3 días	mié 19 01 22	vie 21 01 22	9								
26	Instalación de	3 días	mié 19 01 22	vie 21 01 22	10								
27	Sellado de per	1 día	mié 19 01 22	mié 19 01 22	11								
28	Montaje de paneles solares y equipos	4 días	mié 19 01 22	lun 24 01 22	3								
29	Llegada de pa	1 día	mié 19 01 22	mié 19 01 22	3								
30	Izaje de panel	3 días	mié 19 01 22	vie 21 01 22	14								
31	Anclaje de paneles a estructura	4 días	mié 19 01 22	lun 24 01 22	15								
32	Instalación de	3 días	mié 19 01 22	vie 21 01 22	16								
33	Instalación de	1 día	mié 19 01 22	mié 19 01 22	16								
34	Conexiones el	2 días	mié 19 01 22	jue 20 01 22	16								
35	Pruebas y comisionamiento	2 días	mié 19 01 22	jue 20 01 22	19								
36	Entrega de proyecto	1 día	vie 21 01 22	vie 21 01 22	20								

De acuerdo a lo observado en el cronograma de ejecución del proyecto, este tiene una duración de 81 días desde la firma de la propuesta el 2 de noviembre de 2021, siendo esta firma el hito.

6.6 Presupuesto

6.6.1 Supermercado A

El presupuesto del supermercado A cuenta con la administración de un Project manager previamente contratado para diversos proyectos por la empresa propietaria de los supermercados.

El montaje de paneles solares está contemplado para llevarse a cabo el miércoles 29 de diciembre del presente año, sobre la estructura que se contempla instalar el lunes 20 de diciembre de 2021.

Tabla 28 Presupuesto de Implementación A

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Suministro e instalación de 133 paneles solares mono cristalinos Canadian Solar 450 Wp. Módulo monocristalino modelo 450MS	1	UNIDAD	L 434,160.00	L 434,160.00
2	Suministro e instalación de inversor 60 KW Trifásico Canadian Solar modelo CSI-60TL-GS	1	UNIDAD	L 91,182.00	L 91,182.00
3	Suministro e instalación de soportes en techo para paneles solares	1	UNIDAD	L 114,384.88	L 114,384.88
4	Tubería, cableado eléctrico y conexiones	1	UNIDAD	L 226,129.13	L 226,129.13
5	Comisionamiento y arranque	1	UNIDAD	L 27,000.00	L 27,000.00
6	Contingencias e imprevistos	1	UNIDAD	L 40,000.00	L 40,000.00
7	Costos administrativos de proyecto (PM)	1	UNIDAD	L 75,000.00	L 75,000.00
SUB TOTAL					L1,007,856.01
ISV 15%					L -
TOTAL					L1,007,856.01

Fuente: Elaboración propia

6.6.2 Supermercado B

El presupuesto del supermercado A cuenta con la administración de un Project manager previamente contratado para diversos proyectos por la empresa propietaria de los supermercados.

El montaje de paneles solares y equipos complementarios se contempla instalar el miércoles 19 de enero de 2022 sobre la estructura previamente instalada.

Tabla 29 Presupuesto de Implementación B

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Suministro e instalación de 177 paneles solares mono cristalinos Canadian Solar 450 Wp. Módulo monocristalino modelo 450MS	1	UNIDAD	L 576,720.00	L 576,720.00
2	Suministro e instalación de inversor 80 KW Trifásico Canadian Solar CSI-80T	1	UNIDAD	L 113,216.40	L 113,216.40
3	Suministro e instalación de soportes en techo para paneles solares	1	UNIDAD	L 151,944.10	L 151,944.10
4	Tubería, cableado eléctrico y conexiones	1	UNIDAD	L 268,687.03	L 268,687.03
5	Comisionamiento y arranque	1	UNIDAD	L 34,500.00	L 34,500.00
6	Contingencias e imprevistos	1	UNIDAD	L 50,000.00	L 50,000.00
7	Costos administrativos de proyecto (PM)	1	UNIDAD	L 75,000.00	L 75,000.00
				SUB TOTAL	L 1,270,067.53
				ISV 15%	L -
				TOTAL	L 1,270,067.53

Fuente: Elaboración propia

6.6.3 Presupuesto consolidado

Tabla 30 Presupuesto Supermercado A y B

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Suministro e instalación de 310 paneles solares mono cristalinos Canadian Solar 450 Wp. Módulo monocristalino modelo 450MS	1	UNIDAD	L 1,010,880.00	L 1,010,880.00
2	Suministro e instalación de inversor 60 KW Trifásico Canadian Solar modelo CSI-60TL-GS y el inversor 80 KW Trifásico Canadian Solar CSI-80T	1	UNIDAD	L 204,398.40	L 204,398.40
3	Suministro e instalación de soportes en techo para paneles solares	1	UNIDAD	L 266,328.98	L 266,328.98
4	Tubería, cableado eléctrico y conexiones	1	UNIDAD	L 494,816.16	L 494,816.16
5	Comisionamiento y arranque	1	UNIDAD	L 61,500.00	L 61,500.00
5	Contingencias e imprevistos	1	UNIDAD	L 90,000.00	L 90,000.00
5	Costo de administración de proyecto (Project Manager)	1	UNIDAD	L 150,000.00	L 150,000.00
				SUB TOTAL	L2,127,923.54
				ISV 15%	L -
				TOTAL	L2,127,923.54

Fuente: Elaboración propia

Unificando costos y viendo la inversión como un solo proyecto (Supermercados A y B) se logran mejores precios de negociación en cuanto a materiales y mano de obra.

Se debe tomar en cuenta que el Project Manager a cargo de supervisión de este proyecto pertenece a la organización dueña de los supermercados. No fue contratado exclusivamente para este proyecto, aun así, se le asigna el monto total de salario dentro del presupuesto de implementación.

6.7. Tabla de concordancia

Es la verificación de congruencia entre los pasos de aplicación del proyecto.

Tabla 31 Tabla de concordancia

Capítulo I			Capítulo II	Capítulo III			Capítulo V	Capítulo VI	
Título Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Teorías/Metodologías de sustento	Variables	Poblaciones	Técnicas	Conclusiones	Nombre de la propuesta	Objetivos propuesta
Estudio de factibilidad de autogeneración de energía eléctrica con paneles solares en edificios de supermercados	Determinar la factibilidad técnica y económica de la implementación de paneles solares en edificios de supermercados para autoproducción de energía de autoconsumo que reduzca la factura de energía eléctrica.	Determinar si es factible técnicamente implementar un proyecto de paneles solares para autogeneración de energía con el área de techo disponible en los supermercados A y B respectivamente.	No aplica estudio de mercado	Potencia Instalada, Equipos, Área, Localización, Impacto Ambiental, Inversión Inicial, Tasa de descuento, Costos, Gastos, Ingresos, Tiempo de retorno de la Inversión, Precio, Utilidad, Demanda de energía	N/A	Análisis estadístico	Con una inversión inicial de L.879,753.82 Supermercado A y L. 1,212,795.14 para el supermercado B, el proyecto es factible.	Implementación de sistema de autogeneración de energía con paneles solares en edificios de supermercados	Implementar el sistema de autogeneración de energía con paneles solares ed 60kW y 80 kW en supermercado A y B
		Determinar el área de techo necesaria para generar al menos un 25% de la demanda de energía mensual	Evaluación de proyectos, 6ta edición de Gabriel Baca Urbina para el estudio económico				Con área de techo disponible de 5,410 m2 y 5,100 m2 en Supermercado A y B es factible instalar 60kW y 80 kW respectivamente		Cumplir con cronograma de actividades y presupuesto asignado.
		Calcular los ahorros percibidos por el supermercado A y B..	Para el estudio técnico, evaluación de proyectos, 6ta edición de Gabriel Baca Urbina en la parte de forma e instalaciones solares fotovoltaicas de Carlos Tobajas en la parte de fondo.				El área de techo requerida para instalar paneles solares y generar al menos 25% de la demanda de energía es 470.4 m2 y 627 m2 para supermercados A y B respectivamente.		Comparación de factura eléctrica de meses previos a la instalación versus factura de meses posteriores a la instalación.
		Calcular el TR e IR del proyecto de acuerdo con la propuesta de la empresa COYSOSA.					L. 258,988.63 para el supermercado A y para el supermercado B es de L.315,254.91 al quinto año, dejando 15 más de ganancias para los supermercados..		Calcular el IR y TRI
		Determinar si posible lograr un ahorro de al menos 25% de la factura eléctrica mensual teniendo bajas o nulas inyecciones de energía a la red nacional.					4.60 años para el supermercado A y 4.10 para el supermercado B es el payback con IR de 1.30 y 1.16 respectivamente		

BIBLIOGRAFÍA

7-Eleven Inc. (2019). *7-Eleven, Inc. | Sustainability | Seven & i Holdings Co.*
<https://www.7andi.com/en/sustainability/overseas/us-sei.html>

ANSI/ASHRAE/IES. (2016). *Estándar ASHRAE/IES 90.1-2016, Requisitos Energéticos para Edificios excepto los Residenciales de Baja Altura (Edición SI)* (p. 30) [Norma].
ANSI/ASHRAE/IES.

ARGOS. (2020). *COMPAÑÍAS DE CEMENTOS Y ENERGÍA DEL GRUPO ARGOS INAUGURAN LA PRIMERA GRANJA DE ENERGÍA SOLAR DEL SECTOR CEMENTERO EN HONDURAS – Cementos Argos: Empresa multinacional líder y sostenible.*
<https://argos.co/companias-de-cementos-y-energia-del-grupo-argos-inauguran-la-primera-granja-de-energia-solar-del-sector-cementero-en-honduras/>

ASALE, R.- & RAE. (2014). *Diccionario de la real.* <https://dle.rae.es/supermercado>

Baca Urbina, G. (2006). *Evaluacion de Proyectos* (6ta ed.). McGraw Hill Interamericana.
https://www.academia.edu/13450952/Evaluacion_de_Proyectos_6ta_ed_Gabriel_Baca_Urbina

Bayod, A. (2009). *Energías renovables (Sistemas fotovoltaicos)* (1era ed.). Prensas universitarias de Zaragoza. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/41940>

Bellini, E. (2020, November 11). *La demanda mundial de módulos fotovoltaicos será de 143,7 GW en 2021, según PV Infolink.* pv magazine Latin America. <https://www.pv-magazine-latam.com/2020/11/11/la-demanda-mundial-de-modulos-fotovoltaicos-crecera-en-1437-gw-en-2021-segun-pv-infolink/>

Birol, D. F. (2019). *Energy Efficiency 2019*. 110.

Blanco Bonilla, A., & Schuschny, A. (2020). *Impacto de COVID-19 en sector energético.pdf*.

Bolsa de Valores de Guayaquil. (2012). *Diccionario de economía y finanzas*.
http://www.noticiasbvg.com/wp-content/uploads/2014/05/diccionario_de_econom%C3%ADa_y_finanzas_BVG.pdf

Buenaventura, G. (2018). *Teoría de la inversión en la evaluación de proyectos* (1era ed.). ECOE.
<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/122595?page=76>

Canadian Solar. (2020a). *80 KW – Inverter*. <https://www.csisolar.com/80-kw/>

Canadian Solar. (2020b). *Canadian-Solar_Datasheet_Inverter_50-60KW.pdf*.
https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2020/04/Canadian-Solar_Datasheet_Inverter_50-60KW.pdf

Canadian Solar. (2021a). *ABOUT US – Canadiansolar*. <https://www.canadiansolar.com/aboutus/>

Canadian Solar. (2021b). *Canadian_Solar-Datasheet-HiKu_CS3W-MS_EN*.
https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2019/12/Canadian_Solar-Datasheet-HiKu_CS3W-MS_EN.pdf

Cárdenas Cutiño, G., & Daza Ramirez, M. (2004). *Diccionario de Contabilidad*.
http://www.cucea.udg.mx/include/publicaciones_drupal/pdfs/diccionariocontaysist.pdf

Carías Ayala, C. R., & Munguía Márquez, B. (n.d.). *Costo-beneficio de ahorro energético con paneles solares en el Aeropuerto Internacional Ramón Villeda Morales* [2016]. Retrieved June 6, 2021, from [https://glifos.unitec.edu/library/index.php?title=172168&lang=es%20%20&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@titulo=paneles%20solares@autor=@keywords=@material=@idioma=@biblioteca\[\]=rosinda%20lorenzana@sortby=sorttitle@mode=&recnum](https://glifos.unitec.edu/library/index.php?title=172168&lang=es%20%20&query=@title=Special:GSMSearchPage@process=@titulo=paneles%20solares@autor=@keywords=@material=@idioma=@biblioteca[]=rosinda%20lorenzana@sortby=sorttitle@mode=&recnum)

=1&mode=

Carlos Pina. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica* (cano pina).
<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/45047>

Congreso Nacional de Honduras. (2007). *Ley de Promocion a la Generacion de Energia Electrica con Recursos Renovables.pdf*.
<http://www.poderjudicial.gob.hn/CEDIJ/Documents/Ley%20de%20Promocion%20a%20la%20Generacion%20de%20Energia%20Electrica%20con%20Recursos%20Renovables.pdf>

Congreso Nacional de Honduras. (2013). *LEY DE PROMOCIÓN A LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON RECURSOS RENOVABLE*.
https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Ref_art_2_ley_promocion_energia_electrica_2013.pdf

Congreso Nacional de Honduras. (2014). *DIARIO OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE HONDURAS DECANO DE LA PRENSA HONDUREÑA PARA MEJOR SEGURIDAD DE SUS PUBLICACIONES*. 33, 24.

Congreso Nacional de Honduras. (2020). *Reglamento de la ley general de la industria eléctrica*.

Correa, J. M. V., & Pérez, A. R. (2020). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL SUPERMERCADO SURTIPLAZA CHECHO DEL MUNICIPIO DE LA PLATA (HUILA)*. 97.

COYSOSA. (2021). *Entrevista con Ingeniero de Operaciones de la empresa Control y Sostenibilidad realizada en el mes de Abril de 2021* [Personal communication].

COYSOSA. (2021a). *Informe de demanda de energía supermercados Tegucigalpa y San Pedro Sula*.

COYSOSA. (2021b). *Reporte de tarifas energéticas de media tensión Honduras 2016-2021*.

- CREE. (2018). Leyes, Reglamentos, Normas Técnicas y Procedimientos. *CREE*. <https://www.cree.gob.hn/leyes-reglamentos-y-normas-tecnicas/>
- CREE. (2019). *Balance Energético 2019.pdf*.
- CREE. (2021). Informe Trimestral de Tarifas. *CREE*. <https://www.cree.gob.hn/informe-trimestral-de-tarifas/>
- Current General Electric. (2018, January 15). *Walmart Continues Retail Energy Efficiency Leadership with 1.5 Million LED Fixtures Now Installed | Current*. <https://www.gecurrent.com/inspiration/walmart-continues-retail-energy-efficiency-leadership>
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162–167. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72706-6](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72706-6)
- Earley, M. W., & Sargent, J. (2011). *NEREL, National Electrical Code Handbook, Twelfth Edition 2011*. http://librosingenieriaelectrica.blogspot.com/2016/03/national-electrical-code-handbook_30.html
- E&H. (2018). *Supermercados La Colonia: El super de los hondureños*. *Revista Estrategia & Negocios*. <https://www.estrategiaynegocios.net/empresasymanagement/1157128-330/supermercados-la-colonia-el-super-de-los-hondureños>
- Fluke. (2021). *Fluke 434 / 435 Power Quality and Energy Analyzers*. <https://www.fluke.com/en-us/product/electrical-testing/power-quality/434-435>
- Fulton, K. (2021). Apple powers ahead in new renewable energy solutions with over 110 suppliers. *Apple Newsroom*. <https://www.apple.com/newsroom/2021/03/apple-powers-ahead-in-new-renewable-energy-solutions-with-over-110-suppliers/>

- Galdiano Hernández, M. (2011). *Aprovechamiento de energías renovables* (ICB). <https://elibro.net/en/ereader/unitechn/59559>
- García de Fonseca, L., Parikh, M., & Manghani, R. (2019). *Evolución futura de costos de las energías renovables y almacenamiento en América Latina* (p. 235). Banco Interamericano de Desarrollo.
- Garrigues. (2020, November 6). *Aprobado el nuevo régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica*. https://www.garrigues.com/es_ES/noticia/aprobado-nuevo-regimen-economico-energias-renovables-instalaciones-produccion-energia
- Gimeno, F., & Seguí, S. (2011). *Convertidores electrónicos: Energía solar fotovoltaica, aplicaciones y diseño*. (1era Electrónica). Universidad Politécnica de Valencia. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/54076>
- González-Velasco, J. (2009a). *Energías Renovables (650 páginas)*.
- Google. (2020). *Earth_pro_ds.pdf*. earth.google.com/pro
- Haid, S., & Heieck, F. (2020). *Digital Readiness in the Central American Energy Sector Benchmarking and Preparing for a Digital Future.pdf*. https://www.sica.int/documentos/digital-readiness-in-the-central-american-energy-sector-benchmarking-and-preparing-for-a-digital-future_1_124064.html
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Interamericana.
- Hillphoenix. (2020a). *Refrigeration Systems* (p. 4) [Catalogo]. <https://www.hillphoenix.com/wp-content/uploads/2019/04/All-products-brochure-industrial-refrigeration-Spanish.pdf>
- Hillphoenix. (2020b). *VNRBS-SFC Glass Door Reach-In Display Case | Convenience Stores*.

Hillphoenix. <https://www.hillphoenix.com/display-case/vnrbs-sfc/>

Hillphoenix. (2021). *HVI-406R/S-408R/S SFC | Self Service | Open Multi-Deck Radius Island Case*. Hillphoenix. <https://www.hillphoenix.com/display-case/hvi-4-406r-s-hvi-4-408r-sfc/>

Ideas Medioambientales. (2016, November 7). Lo que no sabíamos sobre el impacto de la energía solar sobre la fauna. *Ideasmedioambientales*. <https://ideasmedioambientales.com/impacto-de-la-energia-solar-sobre-la-fauna/>

ISO. (2011). *ISO 50001-2015 Sistemas de Gestión de la Energía.pdf* (p. 28) [Norma]. ISO.

Lamigueiro, O. P. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. 186.

Linares, V. (2019, April 22). *Súper Selectos reduce consumo de energía con programa de eficiencia*. Noticias de El Salvador - [elsalvador.com](https://historico.elsalvador.com/historico/586458/super-selectos-reduce-consumo-de-energia-con-programa-de-eficiencia.html). <https://historico.elsalvador.com/historico/586458/super-selectos-reduce-consumo-de-energia-con-programa-de-eficiencia.html>

Luna, R., & Chavez, D. (2001). *EL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD*.

Maturana, M., & Peláez, C. (2019). *Análisis Comparativo sobre el Abordaje de la Generación Distribuida por parte de las Distribuidoras de Energía Eléctrica en los países del SICA, México y Bolivia*. Deutsche Gesellschaft für. <http://biblioteca.ribei.org/id/eprint/1879/1/ARI-102-2010.pdf>

Mete, M. R. (2014). *VALOR ACTUAL NETO Y TASA DE RETORNO: SU UTILIDAD COMO HERRAMIENTAS PARA EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN*. 7, 19.

Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). *Plan Nacional de Energía 2015-2030 de Costa Rica* (p. 150). <https://minae.go.cr/recursos/2015/pdf/VII-PNE.pdf>

Molina, M. (2017). *Estudio de la Viabilidad Económica de la Autoproducción Doméstica de Energía Eléctrica*.

NREL, N. E. R. L. (2021). *PVWatts Calculator*. <https://pvwatts.nrel.gov/>

Pampillón. (2007). *Nuevo diccionario de economía*. IE Business School. https://economy.blogs.ie.edu/files/2008/06/Nuevodiccionario_Econ.pdf

Paredes, J. (2015). *Manual de Tesis Previo 2015 – 11870 TRABAJO DE TESIS I ...* https://unitec.blackboard.com/webapps/blackboard/execute/content/file?cmd=view&content_id=_13073219_1&course_id=_171552_1

Pareja Aparicio, M. (2010). *Calculo de una instalación aislada*. marcombo. <https://wedcarelec.files.wordpress.com/2012/01/energic3ada-solar-fv-cc3a1lculo-de-una-instalacic3b3n-aislada-162p-2001.pdf>

Peters, A., Peters, A., & Peters, A. (2019, September 19). *Ikea has invested in enough clean energy to power all of its operations (plus extra)*. Fast Company. <https://www.fastcompany.com/90405756/ikea-now-generates-more-renewable-electricity-than-it-uses>

Pina, C. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica* (cano pina). <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/45047>

Ponce, F. (2021). *Entrevista con asesor temático sobre equipos fotovoltaicos instalados en Honduras* [Personal communication].

PV MAGAZINE. (2019). *Walmart Chile se abastecerá de energía solar*. World Energy Trade. <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/energia-solar/walmart-chile-se-abastecera-de-energia-solar>

RAE. (2014). *Diccionario de la Lengua Española (PDFDrive).pdf* (Vigésimo tercera).

- Ramírez, C., Pantoja, C., & Garcia, M. (2009). *FUNDAMENTOS DE MATEMÁTICAS FINANCIERAS.pdf*. Libre, Colombia.
- Rivas, J. V. L. (2003). *Analizador de redes eléctricas*. 8.
- Roca, J. A. (2020). *Los 10 mayores fabricantes de módulos fotovoltaicos del mundo en 2019: JinkoSolar, más líder*. el periodico de la energia. <https://elperiodicodelaenergia.com/los-10-mayores-fabricantes-de-modulos-fotovoltaicos-en-2019-jinkosolar-mas-lider/>
- Rodríguez, R. (2019, July 22). Diccionario de Electricidad En PDF | Manual de Ingeniería Eléctrica. *Diccionario de Electricidad En PDF | Manual de Ingeniería Eléctrica*. <http://ingenieriapotencial.blogspot.com/2019/07/diccionario-de-electricidad-en-pdf.html>
- Rosas, R. M. M. (2000). *TECNOLOGÍA ELÉCTRICA*. 427.
- Ruiz Conde, J. (2008). *Guía práctica para la interpretación y aplicación de las tarifas eléctricas*. Díaz de Santos. <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/53180>
- Salazar, L., Guzman, V., & Bueno, A. (2018). Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción. *Ingenius*, 19, 40–50. <https://doi.org/10.17163/ings.n19.2018.04>
- Sapag Chain, N. (2001). *Evaluación de los proyectos de inversión.pdf* (1era ed.). Pearson Educación.
- Shroeer, R. (2014). *MANUAL-DE-EFICIENCIA-ENERGETICA-EN-LA-CONSTRUCCION-DE-EDIFICACIONES-EN-HONDURAS*.
- SMA. (2020). *SUNNY TRIPOWER CORE 1—It stands on its own*. 8.
- Soberanis, A. N. R. (n.d.). *METODOLOGÍAS MATRICIALES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA PAISES EN DESARROLLO: MATRIZ DE LEOPOLD Y MÉTODO MEL-ENEL*. 138.

- Sociedad matemática europea. (2020). *Monotone function—Encyclopedia of Mathematics*.
https://encyclopediaofmath.org/wiki/Monotone_function
- Solargis. (2018). *Mapas de recursos solares de Honduras*. <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/honduras>
- Soto, C., Guanuche, R., Solorzano, A., Sarmiento, C., & Mite, M. (2017). *LIBRO ANÁLISIS DE ESTADOS FINANCIEROS.pdf* (Primera). Grupo Compás.
- Sun earth tools. (2021). *Calculadora de emisiones de CO2*.
<https://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php>
- Tamayo, J. F. (2016). *La industria de la electricidad en Perú*.
https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Industria-Electricidad-Peru-25anos.pdf
- Teba, C. (2018, August 27). *Eficiencia Energética en Supermercados: Caso de Éxito SUPERSPAR*. <https://www.dexma.com/es/blog-es/eficiencia-energetica-supermercados-caso-exito/>
- Tobajas Vásquez, C., & Carlos, M. (2014). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Cano Pina.
<https://elibro.net/es/ereader/unitechn/43053>
- UNITEC. (2015). *Manual de Tesis Previo 2015 – 11870 TRABAJO DE TESIS I ...*
https://unitec.blackboard.com/webapps/blackboard/execute/content/file?cmd=view&content_id=_13073219_1&course_id=_171552_1
- Weather Spark. (2019a). *Clima promedio en San Pedro Sula, Honduras, durante todo el año—Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com/y/12985/Clima-promedio-en-San-Pedro-Sula-Honduras-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- weatherspark. (2019). *Clima promedio en Tegucigalpa, Honduras, durante todo el año—Weather*

Spark. <https://es.weatherspark.com/y/13697/Clima-promedio-en-Tegucigalpa-Honduras-durante-todo-el-a%C3%B1o>

ANEXO I



Figura 50 Rack de compresores Hillphoenix

Fuente:(Hillphoenix, 2020a, p. 1)



Figura 51 Mueble refrigerado para bebidas

Fuente: (Hillphoenix, 2020b, p.1)

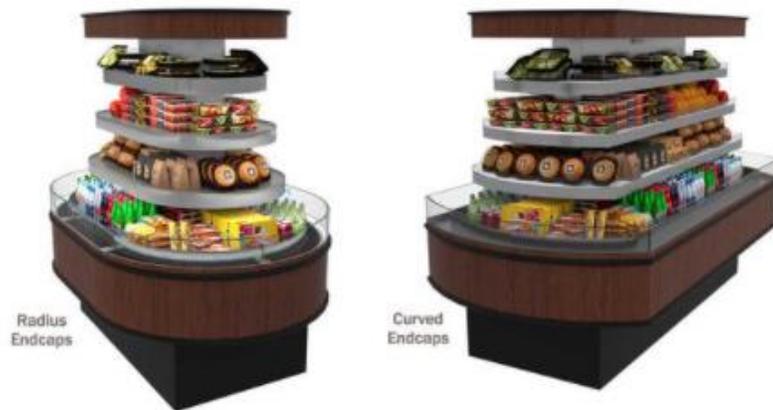


Figura 52 Isla de productos refrigerados

Fuente: (Hillphoenix, 2021)



Figura 53 Cuarto frío refrigerado

Fuente: Propia



Figura 54 Luminaria LED en Supermercado.

Fuente: (Current General Electric, 2018)



Figura 55 Unidad autocontenida para congelados

Fuente: Propia



Figura 56 Vitrina refrigerada en carnicería

Fuente: Propia



Figura 57 Unidad A/C tipo paquete

Figura: Propia



Figura 58 Unidad mini split marca Lennox de una tonelada de refrigeración.

Fuente: Propia

ANEXO II

Tabla 32 Ficha de costo cableado y conexiones supermercado A

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Cableado del inversor a tablero con 2 cables 4 y un cable 10 thhn	15	mts	L 816.11	L 12,241.68
Canalización inversor a tablero con tubería EMT de 1-1/4"	15	mts	L 226.53	L 3,397.94
Cableado del tablero a módulo 4c-3/0 y 1c-6	15	mts	L 1,476.96	L 22,154.40
Suministro e instalación de tablero de 150 amperios, trifásico, 480v	1	unidad	L 78,400.00	L 78,400.00
Cable fotovoltaico #12	120	mts	L 288.00	L 34,560.00
Entubado para cable fotovoltaico	120	mts	L 80.00	L 9,600.00
Cableado para sistema de tierra	200	mts	L 15.00	L 3,000.00
Tierra física	1	unidad	L 6,500.00	L 6,500.00
Tubería 1"	14	mts	L 269.65	L 3,775.11
Accesorios y conectores	1	unidad	L 3,000.00	L 3,000.00
Protector de transientes	1	unidad	L 25,000.00	L 25,000.00
Mano de obra	1	unidad	L 24,500.00	L 24,500.00
			TOTAL	L 226,129.13

Fuente: elaboración propia

Tabla 33 Ficha de costo cableado y conexiones supermercado B

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	Total
Cableado del inversor a tablero con 2 cables 4 y un cable 10 thhn	15	mts	L 816.11	L 12,241.68
Canalización inversor a tablero con tubería EMT de 1-1/4"	15	mts	L 226.53	L 3,397.94
Cableado del tablero a módulo 4c-3/0 y 1c-6	15	mts	L 1,476.96	L 22,154.40
Suministro e instalación de tablero de 125 amperios, trifásico, 480v	1	unidad	L 78,400.00	L 78,400.00
Cable fotovoltaico #12	200	mts	L 288.00	L 57,600.00
Entubado para cable fotovoltaico	200	mts	L 80.00	L 16,000.00
Cableado para sistema de tierra	200	mts	L 15.00	L 3,000.00
Tierra física	1	unidad	L 6,500.00	L 6,500.00
Tubería 1"	20	mts	L 269.65	L 5,393.01
Accesorios y conectores	1	unidad	L 3,000.00	L 3,000.00
Protector de transientes	1	unidad	L 25,000.00	L 25,000.00
Mano de obra	1	unidad	L 36,000.00	L 36,000.00
			TOTAL	L 268,687.03

Fuente: elaboración propia

Tabla 34 Ficha de costo unitario soportes de panel solar.

Ficha de costo unitario				
Soporte para panel solar				
Descripción	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Canaleta galvanizada	unidad	0.2	L 939.28	L 187.86
Angulo de hierro negro 1"	unidad	0.2	L 486.16	L 97.23
Perno 1/2" X1-1/2"	unidad	10	L 4.60	L 45.96
Aradela plana de 1/2"	unidad	20	L 3.12	L 62.40
Arandela de presión de 1/2"	unidad	10	L 1.38	L 13.80
Pintura anti corrosiva	galon	0.08	L 543.60	L 43.49
Sikaflex 1A	unidad	0.12	L 165.60	L 19.87
Broca para metal 1/2"	unidad	0.1	L 70.00	L 7.00
Disco de corte 4"	unidad	0.3	L 56.00	L 16.80
Depreciación de herramientas-Global	global	1	L 100.00	L 100.00
Mano de obra	global	1	L 184.21	L 184.21
Equipo de protección personal-Global	global	1	L 75.00	L 75.00
Soportes de aluminio tipo L	unidad	4	L 80.00	L 320.00
			Total por panel	L 853.62

Fuente: elaboración propia

ANEXO III

Tabla 35 Calculo de producción de energía anual supermercado A según software PVWatts



Caution: Photovoltaic system performance predictions calculated by PVWatts® include many inherent assumptions and uncertainties and do not reflect variations between PV technologies nor site-specific characteristics except as represented by PVWatts® inputs. For example, PV modules with better performance are not differentiated within PVWatts® from lesser performing modules. Both NREL and private companies provide more sophisticated PV modeling tools (such as the System Advisor Model at <https://sam.nrel.gov>) that allow for more precise and complex modeling of PV systems.

The expected range is based on 30 years of actual weather data at the given location and is intended to provide an indication of the variation you might see. For more information, please refer to this NREL report: The Error Report.

Disclaimer: The PVWatts® Model ("Model") is provided by the National Renewable Energy Laboratory ("NREL"), which is operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC ("Alliance") for the U.S. Department Of Energy ("DOE") and may be used for any purpose whatsoever.

The names DOE/NREL/ALLIANCE shall not be used in any representation, advertising, publicity or other manner whatsoever to endorse or promote any entity that adopts or uses the Model. DOE/NREL/ALLIANCE shall not provide

any support, consulting, training or assistance of any kind with regard to the use of the Model or any updates, revisions or new versions of the Model.

YOU AGREE TO INDEMNIFY DOE/NREL/ALLIANCE, AND ITS AFFILIATES, OFFICERS, AGENTS, AND EMPLOYEES AGAINST ANY CLAIM OR DEMAND, INCLUDING REASONABLE ATTORNEYS' FEES, RELATED TO YOUR USE, RELIANCE, OR ADOPTION OF THE MODEL FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER. THE MODEL IS PROVIDED BY DOE/NREL/ALLIANCE "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL DOE/NREL/ALLIANCE BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO CLAIMS ASSOCIATED WITH THE LOSS OF DATA OR PROFITS, WHICH MAY RESULT FROM ANY ACTION IN CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS CLAIM THAT ARISES OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE MODEL.

The energy output range is based on analysis of 30 years of historical weather data for nearby , and is intended to provide an indication of the possible interannual variability in generation for a Fixed (open rack) PV system at this location.

RESULTS

96,164 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Value (\$)
January	5.96	8,460	1,438
February	6.55	8,235	1,400
March	6.67	9,332	1,586
April	6.41	8,553	1,454
May	5.34	7,497	1,275
June	5.04	6,902	1,173
July	5.05	7,220	1,227
August	5.54	7,826	1,330
September	5.68	7,774	1,322
October	5.70	7,992	1,359
November	5.85	8,109	1,379
December	5.87	8,264	1,405
Annual	5.81	96,164	\$ 16,348

Location and Station Identification

Requested Location	tegucigalpa, honduras
Weather Data Source	Lat, Lon: 14.09, -87.22 1.3 mi
Latitude	14.09° N
Longitude	87.22° W

PV System Specifications (Commercial)

DC System Size	60 kW
Module Type	Premium
Array Type	Fixed (open rack)
Array Tilt	20°
Array Azimuth	180°
System Losses	14.08%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

Economics

Average Retail Electricity Rate	0.170 \$/kWh
---------------------------------	--------------

Performance Metrics

Capacity Factor	18.3%
-----------------	-------

Fuente: Software de estimación de producción de energía solar (NREL, 2021)

Tabla 36 Calculo de producción de energía anual supermercado B según software PVWatts.



Caution: Photovoltaic system performance predictions calculated by PVWatts® include many inherent assumptions and uncertainties and do not reflect variations between PV technologies nor site-specific characteristics except as represented by PVWatts® inputs. For example, PV modules with better performance are not differentiated within PVWatts® from lesser performing modules. Both NREL and private companies provide more sophisticated PV modeling tools (such as the System Advisor Model at <https://sam.nrel.gov>) that allow for more precise and complex modeling of PV systems.

The expected range is based on 30 years of actual weather data at the given location and is intended to provide an indication of the variation you might see. For more information, please refer to this NREL report: The Error Report.

Disclaimer: The PVWatts® Model ("Model") is provided by the National Renewable Energy Laboratory ("NREL"), which is operated by the Alliance for Sustainable Energy, LLC ("Alliance") for the U.S. Department Of Energy ("DOE") and may be used for any purpose whatsoever.

The names DOE/NREL/ALLIANCE shall not be used in any representation, advertising, publicity or other manner whatsoever to endorse or promote any entity that adopts or uses the Model. DOE/NREL/ALLIANCE shall not provide

any support, consulting, training or assistance of any kind with regard to the use of the Model or any updates, revisions or new versions of the Model.

YOU AGREE TO INDEMNIFY DOE/NREL/ALLIANCE, AND ITS AFFILIATES, OFFICERS, AGENTS, AND EMPLOYEES AGAINST ANY CLAIM OR DEMAND, INCLUDING REASONABLE ATTORNEYS' FEES, RELATED TO YOUR USE, RELIANCE, OR ADOPTION OF THE MODEL FOR ANY PURPOSE WHATSOEVER. THE MODEL IS PROVIDED BY DOE/NREL/ALLIANCE "AS IS" AND ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTIES, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE ARE EXPRESSLY DISCLAIMED. IN NO EVENT SHALL DOE/NREL/ALLIANCE BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INDIRECT OR CONSEQUENTIAL DAMAGES OR ANY DAMAGES WHATSOEVER, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO CLAIMS ASSOCIATED WITH THE LOSS OF DATA OR PROFITS, WHICH MAY RESULT FROM ANY ACTION IN CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHER TORTIOUS CLAIM THAT ARISES OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE MODEL.

The energy output range is based on analysis of 30 years of historical weather data for nearby , and is intended to provide an indication of the possible interannual variability in generation for a Fixed (open rack) PV system at this location.

RESULTS

117,056 kWh/Year*

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)	AC Energy (kWh)	Value (\$)
January	4.71	8,723	1,483
February	5.70	9,439	1,605
March	6.31	11,437	1,944
April	6.25	10,941	1,860
May	5.63	10,308	1,752
June	5.33	9,508	1,616
July	5.56	10,272	1,746
August	5.90	10,819	1,839
September	5.95	10,505	1,786
October	4.95	9,182	1,561
November	4.19	7,530	1,280
December	4.51	8,391	1,427
Annual	5.42	117,055	\$ 19,899

Location and Station Identification

Requested Location	san pedro sula, honduras		
Weather Data Source	Lat, Lon: 15.49, -88.02	1.1 mi	
Latitude	15.49° N		
Longitude	88.02° W		

PV System Specifications (Commercial)

DC System Size	80 kW
Module Type	Premium
Array Type	Fixed (open rack)
Array Tilt	20°
Array Azimuth	180°
System Losses	14.08%
Inverter Efficiency	96%
DC to AC Size Ratio	1.2

Economics

Average Retail Electricity Rate	0.170 \$/kWh
---------------------------------	--------------

Performance Metrics

Capacity Factor	16.7%
-----------------	-------

Fuente: Software de estimación de producción de energía solar (NREL, 2021)

ANEXO IV

Tabla 37. Especificaciones técnicas inversor CSI-60TL-GS para el supermercado A

SYSTEM/TECHNICAL DATA				
MODEL NAME	CSI-50KTL-GS-FL	CSI-50KTL-GS	CSI-60KTL-GS	CSI-66KTL-GS
DC INPUT				
Max. PV Power	64 kW (16 kW/MPPT)	75 kW (22.5 kW/MPPT)	90 kW (22.5 kW/MPPT)	90 kW (22.5 kW/MPPT)
Max. DC Input Voltage	1000 V _{DC}			
Operating DC Input Voltage Range	200-850 V _{DC}			
Start-up DC Input Voltage/Power	200 V			
Number of MPP Trackers	4			
MPPT Voltage Range	568-850 V _{DC}		526-850 V _{DC}	579-850 V _{DC}
Operating Current (Imp)	88 A (22 A per MPPT)	114 A (28.5 A per MPPT)		
Max. Input Current (Isc)	137.2 A (34.3 A per MPPT)	178 A (44.5 A per MPPT)		
Number of DC Inputs	12 (3 per MPPT)	16 (4 per MPPT)		
DC Disconnection Type	Load rated DC switch			
AC OUTPUT				
Rated AC Output Power	50 kW	50 kW	60 kW	66 kW
Max. AC Output Power	50 kW	50 kW	60 kW	66 kW
Rated Output Voltage	480 V _{AC}			
Output Voltage Range*	422.4 - 528 V _{AC}			
Grid Connection Type	3 Φ /PE			
Nominal AC Output Current @480 Vac	60.2 A		72.2 A	79.4 A
Rated Output Frequency	60 Hz			
Output Frequency Range*	59.5 - 60.5 Hz			
Power Factor	1 default (\pm 0.8 adjustable)			
Current THD	< 3 %			
AC Disconnection Type	Load rated AC switch			
SYSTEM				
Topology	Transformerless			
Max. Efficiency	98.8 %	98.8 %	98.7 %	98.8 %
CEC Efficiency	98.4 %			
Night Consumption	< 1 W			
ENVIRONMENT				
Protection Degree	NEMA 4X			
Cooling	Natural Convection Cooling	Intelligent Redundant Cooling		
Operating Temperature Range	-13 ° F to + 140 ° F / -25 ° C to +60 ° C			
Storage Temperature Range	-40 ° F to + 158 ° F / -40 ° C to +70 ° C			
Operating Humidity	0 - 100 %			
Operating Altitude	13,123.4 ft / 4000 m			
Audible Noise	<60 dBA @ 1 m			
DISPLAY AND COMMUNICATION				
Display	LCD + LED			
Communication	Standard: RS485 (Modbus)			
MECHANICAL DATA				
Dimensions (W / H / D)	24.8 x 40.7 x 13.9 in / 630 x 1034 x 354 mm			
Weight	165 lb / 74.8 kg	172 lb / 78 kg		
Installation Angle	90 degrees from horizontal	15-90 degrees from horizontal		
DC Inputs	15 A standard			
SAFETY				
Safety and EMC Standard	UL1741-SA, UL1699B, CSA-C22.2 No. 107.1-01, IEEE1547; FCC PART 15			
Grid Standard	IEEE1547, Rule 21			
Smart-Grid Features	Voltage-Ride Thru, Frequency-Ride Thru, Soft-Start, Volt-Var, Frequency-Watt, Volt-Watt			

Fuente: Hoja técnica de inversor Canadian Solar CSI-60KTL-65 (*Canadian Solar, 2020b, p. 2*)

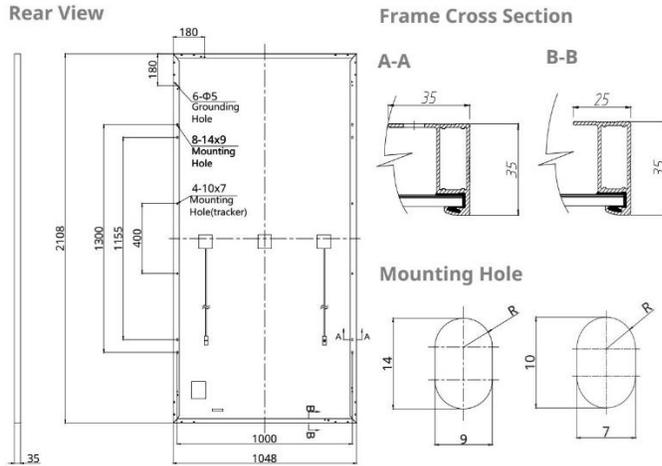
Tabla 38 Especificaciones técnicas de inversor 80 KW, Supermercado B.

SYSTEM/TECHNICAL DATA	
MODEL NAME	CSI-80K-T400GL02-E
DC INPUT	
Max. PV Power	126 KW
Max. DC Input Voltage	1100 V _{DC}
Start-up DC Input Voltage/Power	195 V _{DC}
Number of MPP Trackers	9
MPPT Voltage Range	180 - 1000 V _{DC}
Max. Input Current (Imp)	234 A (26 A per MPPT)
Max. Short Circuit Current (Isc)	360 A (40 A per MPPT)
Number of DC Inputs	18 (2 per MPPT)
DC Disconnection Type	Load rated DC switch
AC OUTPUT	
Rated AC Output Power	80 KW
Max. AC Output Power	88 KW
Rated Output Voltage*	220/380 V _{AC}
Grid Connection Type	3W / N / PE
Rated Grid Output Current	121.6 A
Max Output Current	133.7 A
Rated Output Frequency	50 / 60 Hz
Output Frequency Range*	47 - 52 / 57 - 62 Hz
Power Factor	> 0.99 (0.8 leading ... 0.8 lagging)
Current THD	< 3 %
DC Injection Current	< 0.5 % of Rated Grid Output Current
SYSTEM	
Max. Efficiency	98.7 %
EU Efficiency	98.3 %
Night Consumption	< 2 W
Anti-PID Module	Optional
ENVIRONMENT	
Protection Degree	IP66
Cooling	Intelligent Redundant Cooling
Operating Temperature Range	-25 °C to +60 °C
Storage Temperature Range	-40 °C to +70 °C
Operating Humidity	0 - 100 % condensing
Operating Altitude	4000 m
Audible Noise	< 65 dBA @ 1 m
DISPLAY AND COMMUNICATION	
Display	LCD, 2 × 20 Z
Communication	RS485 / WIFI Optional
MECHANICAL DATA	
Dimensions (W / H / D)	1050 x 567 x 314.5 mm
Weight	82 kg
Installation Angle	0~15 Degrees from Vertical
DC Inputs	MC4
SAFETY	
Safety and EMC Standard	IEC 62109-1/2, IEC 61000-6-1/2/3/4
Grid Standard	IEC 62116, IEC 61727

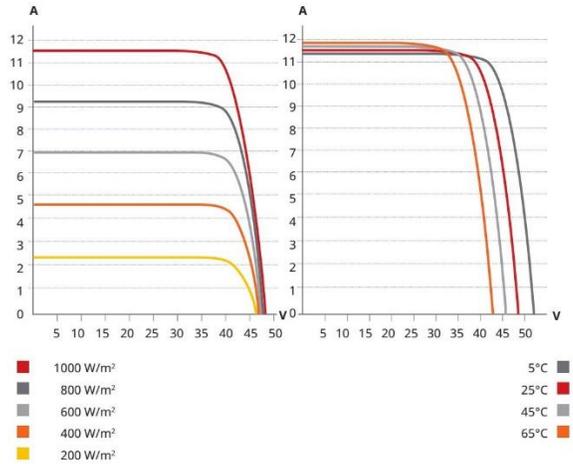
Fuente: Hoja técnica de inversor Canadian Solar CSI-60 (Canadian Solar, 2020a, p. 2)

Tabla 39 Hoja técnica de panel solar Canadian solar 450MS de 450 W

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3W-435MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3W	435MS	440MS	445MS	450MS	455MS	460MS
Nominal Max. Power (Pmax)	435 W	440 W	445 W	450 W	455 W	460 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.5 V	40.7 V	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.75 A	10.82 A	10.89 A	10.96 A	11.02 A	11.09 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.5 V	48.7 V	48.9 V	49.1 V	49.3 V	49.5 V
Short Circuit Current (Isc)	11.42 A	11.48 A	11.54 A	11.60 A	11.66 A	11.72 A
Module Efficiency	19.7%	19.9%	20.1%	20.4%	20.6%	20.8%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	20 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensions	2108 X 1048 X 35 mm (83.0 X 41.3 X 1.38 in)
Weight	24.3 kg (53.6 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm ² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-) or customized length*
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	660 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3W	435MS	440MS	445MS	450MS	455MS	460MS
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	328 W	332 W	336 W	339 W	343 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.8 V	37.9 V	38.1 V	38.3 V	38.5 V	38.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.59 A	8.65 A	8.71 A	8.76 A	8.82 A	8.87 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.6 V	45.8 V	46.0 V	46.2 V	46.4 V	46.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.21 A	9.26 A	9.31 A	9.36 A	9.41 A	9.45 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.35 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.27 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

Fuente: Hoja técnica de panel solar Canadian Solar 450 W modelo CS3W-450

ANEXO V

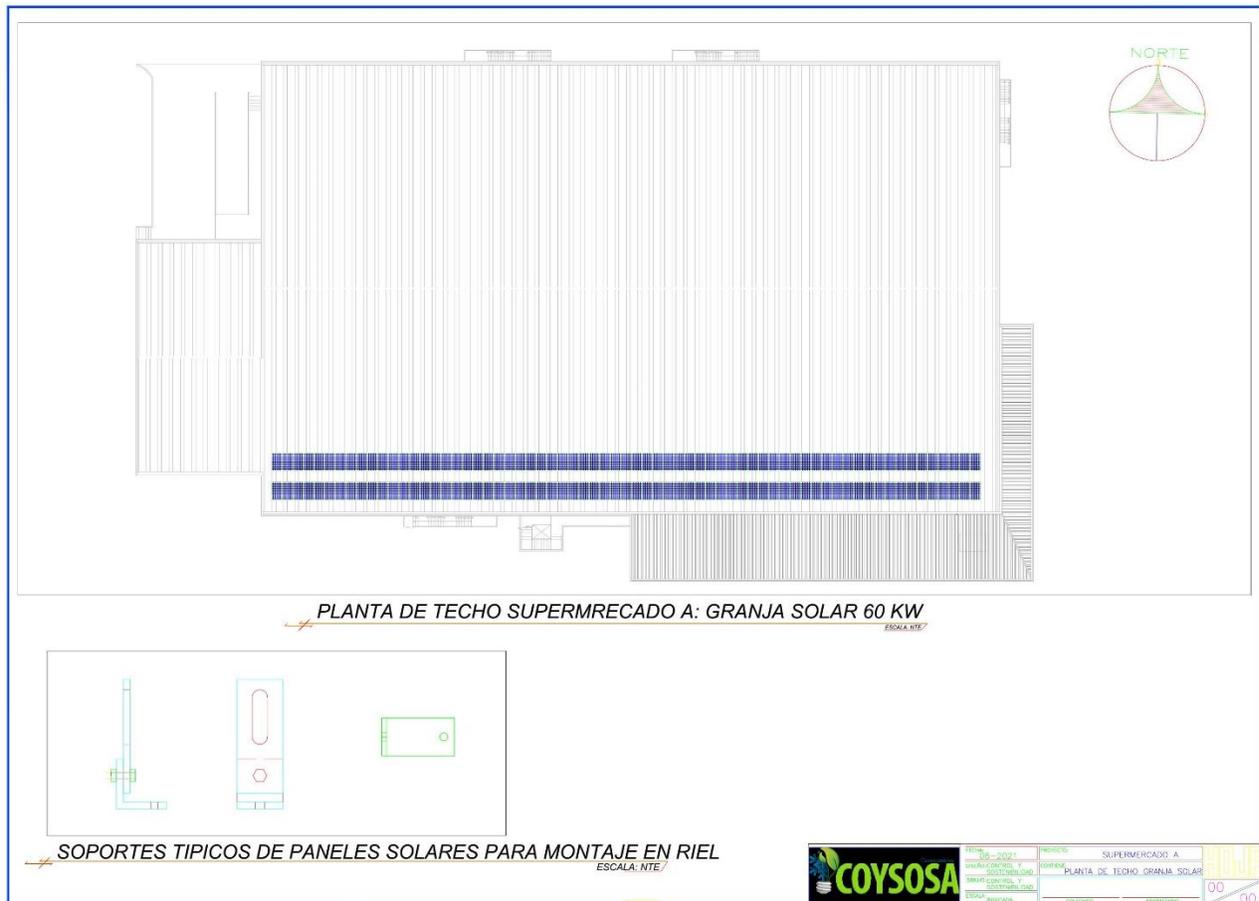


Figura 59 Plano de granja solar en supermercado A

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 2)

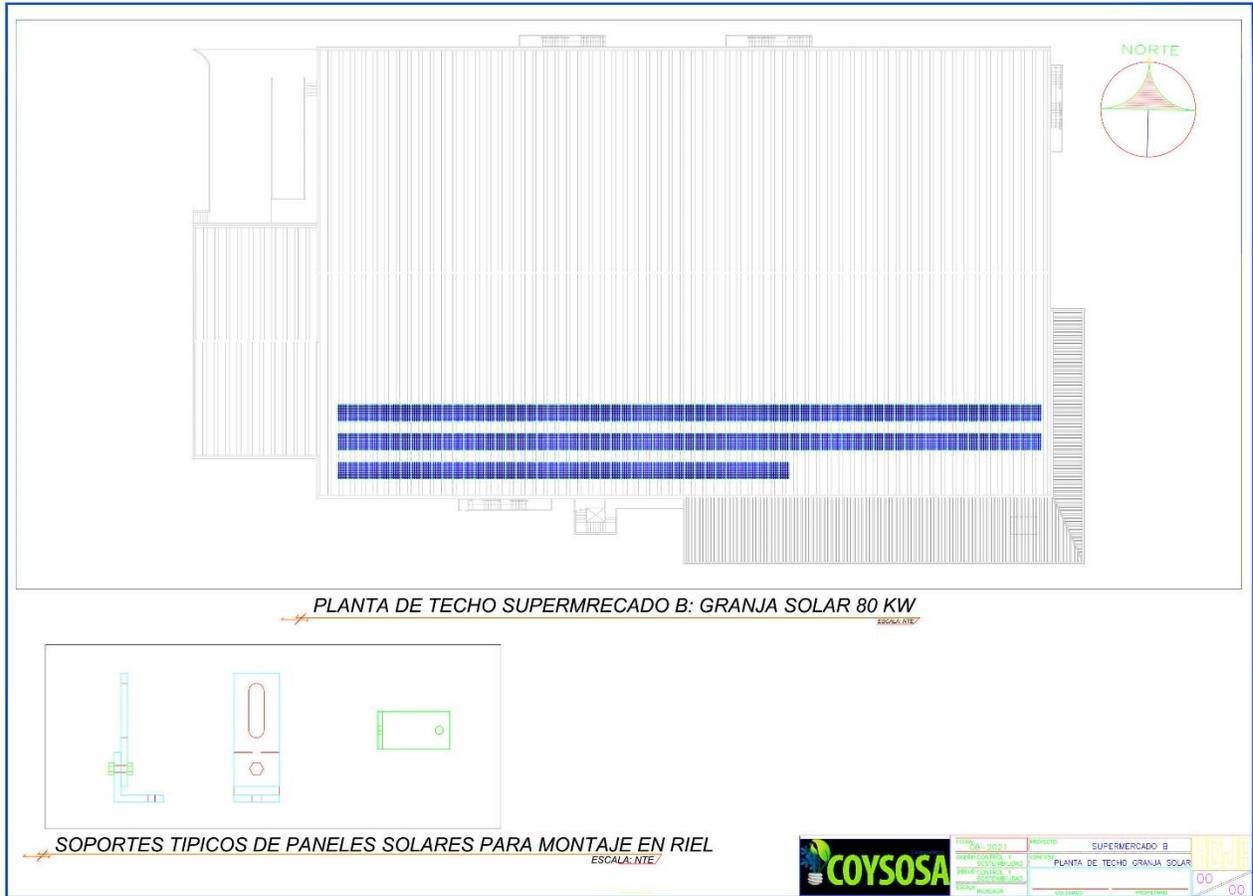


Figura 60 Plano de granja solar en supermercado B

Fuente: elaboración propia con datos de (COYSOSA, 2021a, p. 2)

ANEXO VI

Energy kWh	Electricity mix	CO ₂ grammes/kWh	CO ₂ kg Emissions	CO ₂ lb	TOE ton oil equivalent
Cálculo de CO ₂ para producir electricidad en kWh					
9616		500	48.08 ton	47.32 long tn	8.268613 ton
Las emisiones de CO ₂ por kWh de electricidad y calor					
1000	Honduras	331.8396	331.84 kg	731.58 lb	0.085985 ton
Las emisiones de CO ₂ , la comparación entre diferentes fuentes de energía					
1000	Other bituminous coal	840	840.00 kg	1851.88 lb	0.085985 ton
km	Transport: cars, vehicles	CO ₂ g/km	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound	
Cálculo de las emisiones de CO ₂ de los coches					
10000		150	1500.00 kg	3306.93 lb	
quantity	Fuel combustion	CO ₂ kg factor	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound	
¿Cuántos kilos de CO ₂ se emiten durante la combustión?					
1	Petrol (kg)	3.088	3.09 kg	6.81 lb	
quantity	Unit	Fuel	Distance	Unit	CO ₂ g/km
20	Litre	Petrol	300	Km	153.57 g/km
CO ₂ Emis.	Unit	Distance	Unit	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound
Calculation of CO ₂ emitted in the life or one year of your car					
120	g/km	20000	Km	2400.00 kg	5291.09 lb

Figura 61 Toneladas equivalentes de CO₂ no emitidas a la atmosfera supermercado A.

Fuente: (Sun earth tools, 2021, p. 1)

Energy kWh	Electricity mix	CO ₂ grammes/kWh	CO ₂ kg Emissions	CO ₂ lb	TOE ton oil equivalent
Cálculo de CO ₂ para producir electricidad en kWh					
117056		500	58.53 ton	57.60 long tn	10.065002 ton
Las emisiones de CO ₂ por kWh de electricidad y calor					
1000	Honduras	331.8396	331.84 kg	731.58 lb	0.085985 ton
Las emisiones de CO ₂ , la comparación entre diferentes fuentes de energía					
1000	Other bituminous coal	840	840.00 kg	1851.88 lb	0.085985 ton
km	Transport: cars, vehicles	CO ₂ g/km	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound	
Cálculo de las emisiones de CO ₂ de los coches					
10000		150	1500.00 kg	3306.93 lb	
quantity	Fuel combustion	CO ₂ kg factor	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound	
¿Cuántos kilos de CO ₂ se emiten durante la combustión?					
1	Petrol (kg)	3.088	3.09 kg	6.81 lb	
quantity	Unit	Fuel	Distance	Unit	CO ₂ g/km
20	Litre	Petrol	300	Km	153.57 g/km
CO ₂ Emis.	Unit	Distance	Unit	CO ₂ kilogram	CO ₂ pound
Calculation of CO ₂ emitted in the life or one year of your car					
120	g/km	20000	Km	2400.00 kg	5291.09 lb

Figura 62 Toneladas equivalentes de CO₂ no emitidas a la atmósfera por Supermercado B.

Fuente: (Sun earth tools, 2021, p. 1)

ANEXO VII

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

Tegucigalpa, Francisco Morazán, 27 / 04 / 2021
(Ciudad) (Departamento) (Día, mes y año)

Nery Oswaldo Mejía López
(Nombre y apellidos del director o Gerente)

Director General
(Puesto Laboral)

Control y Sostenibilidad S.A
(Empresa o Institución)

Residencial Centroamérica Este, Tegucigalpa Honduras
(Dirección principal de la empresa o institución)

Estimado Señor(a): Nery Oswaldo Mejía López, Reciba un cordial y atento saludo. Por medio de la presente deseamos solicitar su apoyo, dado que somos alumnos de UNITEC y nos encontramos desarrollando el Trabajo de Tesis previo a obtener nuestro título de maestría en Master en Gestión de Proyectos de Energía Renovable.

Hemos seleccionado como tema: Factibilidad de autogeneración de energía eléctrica con paneles solares en edificios de supermercados, por lo que estaríamos muy agradecidos de contar con el apoyo de la empresa que usted representa para poder desarrollar nuestra investigación. En particular, dicha solicitud se circunscribe a peticionar que se nos autorice a realizar: El estudio de factibilidad técnico y económico usando información de la empresa como planos, datos de mano de obra y equipos, detalles técnicos y las ofertas a clientes.

A la espera de su aprobación, me suscribo de Usted.

Atentamente,



Josias José Castillo Recinos
No. de cuenta: 21923010



Hermes Gerardo Torres Salguero
No. de cuenta: 21923011

Por este medio, Control y Sostenibilidad S.A
(empresa / institución),

Autoriza la realización dentro de sus instalaciones el proyecto de investigación de Tesis de Postgrado antes mencionado.

Nery Mejía
Nery Oswaldo Mejía López
Director General
Control y Sostenibilidad S.A.



[Handwritten Signature]
Vo.Bo.

Figura 63 Carta de autorización de empresa para realización del estudio por Control y Sostenibilidad S.A.

ANEXO VIII

CARTA DE COMPROMISO PARA ASESORÍA TEMÁTICA

Señores Facultad de Postgrado UNITEC.

Por este medio yo Fabio Dionicio Ponce Lagos
Identidad No. 0801 1986 12709
Licenciado en Mecánica Industrial
Maestría en Dirección Empresarial / Operaciones y Tecnología
Doctorado en _____

Hago constar que asumo la responsabilidad de asesorar técnicamente el trabajo de Tesis de Maestría denominado:

Estudio de Factibilidad de auto generación de energía eléctrica con paneles solares en edificios de supermercados

A ser desarrollado por el (los) estudiante(s):

Hermes Gerardo Torres Salguero y Josías José Castillo Recinos

Para lo cual me comprometo a realizar de manera oportuna las revisiones y facilitar las observaciones que considere pertinentes a fin de que se logre finalizar el trabajo de tesis en el plazo establecido por la Facultad de Postgrado.

En la ciudad de San Pedro Sula

Departamento Cortes

Nombre Fabio Dionicio Ponce Lagos

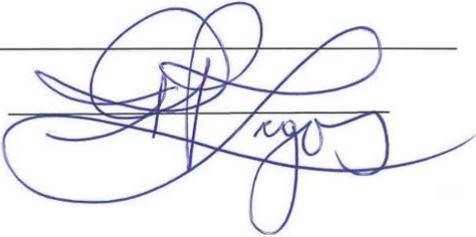
Fecha 28/4/21 Firma: 

Figura 64 Carta de aceptación de asesor temático Ing. Fabio Dionicio